

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“RELACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE  
CONCRETO A EDADES DE 3, 7, 14, 28 Y 56 DIAS RESPECTO A LA  
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A  
EDAD DE 28 DIAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

Línea de Investigación: CONCRETO

AUTORES:

Br. Sanchez Muñoz, Fernando Lorenzo

Br. Tapia Medina, Robinson David

ASESOR:

Ing. Henriquez Ulloa, Juan Paul

TRUJILLO – PERÚ  
2015

**“RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO A EDADES DE 3, 7, 14, 28 Y 56 DÍAS RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO A EDAD DE 28 DÍAS”**

---

PRESIDENTE

---

SECRETARIO

---

VOCAL

---

ASESOR

Ing. HENRIQUEZ ULLOA, JUAN PAUL

## PRESENTACIÓN

**Señores Miembros del Jurado:**

En concordancia con lo estipulado por el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, ponemos a vuestras consideraciones la presente Tesis Profesional titulada:

**“RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO A EDADES DE 3, 7, 14, 28 Y 56 DÍAS RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO A EDAD DE 28 DÍAS”**; con el cual pretendemos obtener el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Agradecemos a nuestros profesores y al presente jurado, que nos implantaron sus conocimientos y enseñanzas durante nuestra formación profesional.

Atentamente.

---

Bach. Tapia Medina Robinson David

---

Bach. Sánchez Muñoz, Fernando Lorenzo

Esta Tesis la dedico a mi madre que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga, dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión y ser con su trabajo y esfuerzo un ejemplo a seguir; a todos mis hermanos que fueron fuente de cariño y comprensión, Poll, Marcia y Joao convirtiéndose en pilares fundamentales de mi anhelo a la superación y formación profesional.

**Tapia Medina, Robinson David**

A mis Padres Segundo y Flora, que Son la razón de mi superación permanente y aliento para seguir adelante, a quienes agradeceré toda mí vida por su ejemplo de trabajo, apoyo permanente, abnegado sacrificio, y continuos consejos que me brindaron durante mi formación profesional, a mis hermanas Laura y Maruja, a quienes siempre las tendré presente por su permanente fortaleza, vigor y voluntad; actitudes que siempre recordare.

**Sánchez Muñoz, Fernando Lorenzo**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por que estuvo siempre con nosotros guiándonos y respaldarnos en todo los momentos importantes de nuestras vidas y por darnos la fuerza necesaria en aquellos momentos difíciles que nos tocó vivir, Gracias porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

A mi Asesor de tesis, Ing. Juan Paul Henríquez Ulloa por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, visión crítica, consejos, paciencia y motivación ha logrado que nosotros pudiésemos terminar con éxito el presente proyecto.

También nos gustaría agradecer a nuestros docentes que durante toda nuestra carrera profesional han aportado con un granito de arena a nuestra formación, y en especial a los Ingenieros: Ing. Cesar Cancino Rodas, Ing. Gerardo Arteaga cuba, Ing. Manuel Urquiaga García, Ing. Francisco Lujan Silva, Ing. Jose Huertas Polo, Ing. Feliz Perrigo Sarmiento, Ing. Ricardo Narváez Aranda, Ing. German Sagastegui Plascencia por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	01
<b>SUMARY</b>	02
<b>CAPITULO I. : MARCO METODOLÓGICO</b>	03
<b>CAPITULO II. : MARCO TEORICO</b>	05
II.1 EL CONCRETO	05
II.2 LA CANTERA	13
<b>CAPITULO III. :MATERIALES A USAR PARA LA MEZCLA DE CONCRETO</b>	19
III.1 EL CEMENTO	19
III.2 AGREGADOS	20
III.3 AGUA PARA EL CONCRETO	27
III.4 ADITIVOS	30
<b>CAPITULO IV. :METODOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	32
IV.1 INTRODUCCION	32
IV.2 METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI	33
IV.3 METODO DE FULLER	37
<b>CAPITULO V. : ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	38
V.1 INTRODUCCION	38
V.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	38
V.3 ETAPAS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO	42
<b>CAPITULO VI. :RESULTADOS</b>	46
VI.1 INTRODUCCION	46
VI.2 MATERIALES Y METODOS	46
<b>CAPITULO VII. :ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	56
VII.1 INTRODUCCION	56

VII.2	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE RESISTENCIA SEGÚN SU RELACION A/C PARA EL CEMENTO PACASMAYO TIPO Ico .....	57
VII.3	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE RESISTENCIA SEGÚN SU RELACION A/C PARA EL CEMENTO PACASMAYO TIPO V... .....	59
VII.4	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE RESISTENCIA SEGÚN SU RELACION A/C PARA EL CEMENTO PACASMAYO TIPO Ms .....	60
<b>CAPITULO VIII.: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>62</b>
VIII.1	CONCLUSIONES .....	62
VIII.1	RECOMENDACIONES.....	64
<b>BIBLIOGRAFIA : .....</b>		<b>65</b>
<b>ANEXOS "A" .....</b>		<b>66</b>
<b>ANEXOS "B" .....</b>		<b>68</b>

## RESUMEN

En la presente tesis de investigación se tiene como objetivo principal determinar la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días, logrando expresar mediante una ecuación el comportamiento del concreto en su etapa de fraguado.

Para llegar a cumplir con este objetivo, se tomó como material de esta investigación las probetas cilíndricas, cuyas dimensiones son de 15 cm. x 30 cm. Se llevó a cabo la mezcla de los concreto utilizando 3 tipos de cementos comercializados en el medio (cementos Pacasmayo): Cemento portland Tipo Ico, Cemento portland Tipo V y Cemento portland Tipo Ms.

Se efectuó tres (3) muestras de probetas o testigos de concreto a diferentes relaciones de agua-cemento en las cuales se ensayaron a las edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días.

Se llevó diferentes diseños de mezcla de concreto para cada tipo de cemento portland, ya que cada uno presenta diferentes condiciones químicas y físicas, pero manteniendo la misma relación de agua-cemento y conservando un Slump constante para cada tipo de concreto (Slump: 3" – 4").

Como resultado del proceso de análisis se obtuvieron las funciones que nos muestran una variación de la resistencia del concreto de acuerdo a cada tipo de cemento ensayado, encontrando así para el cemento portland tipo ICo tres ecuaciones; para el cemento portland tipo MS se encontraron una ecuación; para el cemento portland tipo V se encontraron tres ecuaciones, todas estas ecuaciones en función de:

$$R_{28} = R/(aT^b \pm c)$$

### DONDE:

**R** : Resistencia obtenida a los T días de edad

**T** : Edad en días del concreto

**R<sub>28</sub>** : Resistencia obtenida a los 28 días de edad



## SUMMARY

In the present thesis of investigation has like main aim determine the relation of the resistance to the compression of cylinders of concrete to ages of 3, 7, 14, 28 and 56 days with regard to the resistance to the compression of cylinders of concrete to age of 28 days, Attaining express by means of an equation the behaviour of the concrete in his stage of fraguado.

To arrive to fulfil with this aim, took like material of this investigation the probetas cylindrical, whose dimensions are of 15 cm. X 30 cm. It llevar the mix of the concrete using 3 types of cements commercialised in the half (cements Pacasmayo): Cement portland Type Ico ,Cement portland Type V and Cement portland Type Ms.

It effected three (3) samples of probetas or witnesses of concrete to different relations of water-cement in which they tested to the ages of 3, 7, 14, 28 and 56 days.

It carried different designs of mix of concrete for each type of cement portland, since each one presents different chemical and physical conditions, but keeping the same relation of water- cement and conserving a Slump constant for each type of concrete (Slump: 3" – 4").

Since result of the process of analysis there were obtained the functions that show us a variation of the resistance of the concrete one of agreement to every type of tested cement, finding this way for the cement portland type ICo three equations; for the cement portland type MS they found an equation; for the cement portland type V they found three equations, all these equations depending on:

$$R_{28} = R/(aT^b \pm c)$$

### WHERE:

**R** : Resistance obtained to the T days of age

**T** : Age in days of the concrete

**R28** : Resistance obtained to the 28 days of age

## CAPITULO I

### I. MARCO METODOLOGICO

#### I.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El concreto hidráulico es el resultado de la mezcla y combinación, en dosificación adecuada de cemento, agregados (Agregados pétreos finos y gruesos) seleccionados y agua, que se utiliza en la construcción de elementos estructurales o decorativos.

La razón por la cual el concreto hidráulico es preferido en la construcción es porque presenta características significativas de durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad y resistencia.

La propiedad más conocida del concreto hidráulico es la resistencia a la compresión.

Como control de la calidad del concreto en las obras se realizan testigos cilíndricos de muestras cuyos ensayos de compresión reflejan la resistencia a determinada edad del concreto elaborado.

El presente proyecto se justifica dado que el objetivo es encontrar la relación existente entre la resistencia a la compresión a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión a 28 días del concreto.

La bibliografía nos reporta estas correlaciones para las realidades que fueron ejecutadas; siendo necesarias, encontrar correlación del concreto y su edad con materiales y ambiente local; razón por la cual, sería necesaria determinar la resistencia a la compresión de testigos de concreto a 28 días de edad, sobre la base de valores obtenidos a menor edad del concreto.

Si las especificaciones de acuerdo a la tabla nos indican un contenido mínimo de cemento además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento.

#### I.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días?

### **I.3. HIPOTESIS**

Se obtendrá rangos que relacionen la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días

### **I.4. OBJETIVOS**

#### **I.4.1. Objetivo General**

Determinar la relación entre la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días

#### **I.4.2. Objetivos específicos**

- Elaborar el estudio de cantera de procedencia "RIO BADO".
- Determinar las propiedades del agregado, haciendo su granulometría, determinar tamaño máximo y máximo nominal, módulo de fineza, superficie específica y peso específico.
- Elaborar los ensayos a los agregados, determinando su peso unitario, contenido de vacíos, absorción y contenido de humedad.
- Determinar dosificación de mezclas para concreto de cada tipo de cemento según la resistencia de estudio.
- Fabricar probetas de concreto con cemento Portland Tipo Ico, Tipo MS y Tipo V para determinar su resistencia a la compresión a edades 3,7, 14, 28 y 56 días.
- Proceder a la rotura de probetas de concreto a ensayar.

### **I.5. MATERIAL Y PROCEDIMIENTO**

Se fabricaran probetas cilíndricas en concordancia a la norma ASTM C 39- 1994 - NTP 339.034-1999 con relación agua - cemento (a/c): 0.8 – 0.75 – 0.68 y 0.58 sin aire incorporado. Curadas y ensayadas a los 7, 14, 28, y 56 días de acuerdo a la Norma ASTM C31, y el curado de acuerdo a la norma .NTP 339.034-1999 respectivamente.

Las mezclas de concreto se realizaran con cemento Portland Tipo Ico, Tipo MS y Tipo V.

## CAPITULO II

### II. MARCO TEORICO

#### II.1. EL CONCRETO

El concreto es un material durable y resistente pero, dado que se trabaja en su forma líquida, prácticamente puede adquirir cualquier forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción tan popular.

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- a) **Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida:** Es decir que debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, escogiendo el cemento según los requerimientos que implica el diseño y la exposición a la que se va a someter la estructura de concreto, así mismo se realizara el empleo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario; con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante.
- b) **La calidad propia de los agregados:** En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.
- c) **La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto:** La compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con

los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

De la esmerada atención a estos tres aspectos básicos, depende sustancialmente la capacidad potencial del concreto, como material de construcción, para responder adecuadamente a las acciones resultantes de las condiciones en que debe prestar servicio. Pero esto, que sólo representa la previsión de emplear el material potencialmente adecuado, no basta para obtener estructuras resistentes y durables, pues requiere conjugarse con el cumplimiento de previsiones igualmente eficaces en cuanto al diseño, especificación, construcción y mantenimiento de las propias estructuras.

La principal característica estructural del Concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las solicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura a compresión) sobre probetas de Concreto.

### **II.1.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO**

La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las solicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de concreto.

Para superar este inconveniente, se "arma" el concreto introduciendo barras de acero, conocido como concreto armado, o concreto reforzado, permitiendo soportar los esfuerzos cortantes y de tracción con las barras de acero. Es usual, además, disponer barras de acero reforzando zonas o elementos fundamentalmente comprimidos, como es el caso de los pilares. Los intentos de compensar las deficiencias del concreto a tracción y cortante originaron el desarrollo de una nueva técnica constructiva a principios del siglo XX, la del concreto armado. Así, introduciendo antes del fraguado alambres de alta resistencia tensados en el concreto, este queda comprimido al fraguar, con lo cual las tracciones que surgirían para resistir las acciones externas, se convierten en descompresiones de las partes previamente comprimidas, resultando muy ventajoso en muchos casos. Para el pretensado se utilizan aceros de muy alto límite elástico, dado que el fenómeno denominado fluencia

lenta anularía las ventajas del pretensado. Posteriormente se investigó la conveniencia de introducir tensiones en el acero de manera deliberada y previa al fraguado del concreto de la pieza estructural, desarrollándose las técnicas del concreto pretensado y el concreto postensado.

Los aditivos permiten obtener hormigones de alta resistencia; la inclusión de monómeros y adiciones para concreto aportan múltiples mejoras en las propiedades del concreto .

Cuando se proyecta un elemento de concreto armado se establecen las dimensiones, el tipo de concreto, la cantidad, calidad, aditivos, adiciones y disposición del acero que hay que aportar en función los esfuerzos que deberá resistir cada elemento. Un diseño racional, la adecuada dosificación, mezcla, colocación, consolidación, acabado y curado, hacen del concreto un material idóneo para ser utilizado en construcción, por ser resistente, durable, incombustible, casi impermeable, y requerir escaso mantenimiento. Como puede ser moldeado fácilmente en amplia variedad de formas y adquirir variadas texturas y colores, se utiliza en multitud de aplicaciones.

## **II.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO**

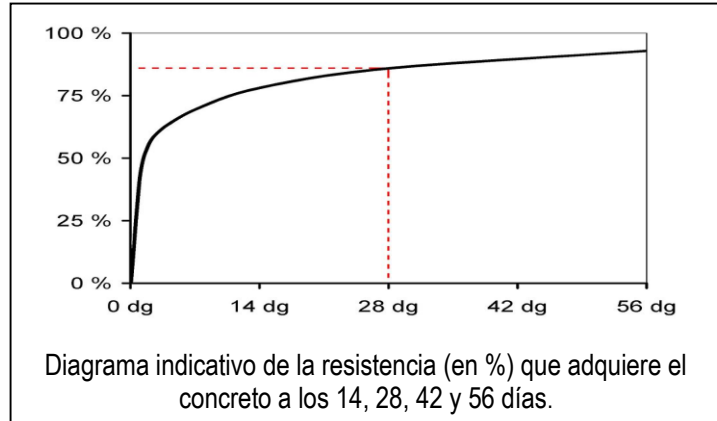
Las principales características físicas del concreto, en valores aproximados, son:

- Densidad: en torno a  $2350 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a compresión: de  $150$  a  $500 \text{ kg/cm}^2$  para el concreto ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta  $2000 \text{ kg/cm}^2$ .
- Resistencia a tracción: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- Tiempo de fraguado: dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- Tiempo de endurecimiento: progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros.
- De 24 a 48 horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana  $3/4$  partes, y en 4 semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.

- Dado que el concreto se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el concreto protege al acero de la oxidación al recubrirlo.

### II.1.3. FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO DEL CONCRETO

La pasta del concreto se forma mezclando cemento artificial y agua debiendo embeber totalmente a los áridos. La principal cualidad de esta pasta es que fragua y endurece progresivamente, tanto al aire como bajo el agua.



El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. La fase inicial de hidratación se llama fraguado y se caracteriza por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido. Esto se observa de forma sencilla por simple presión con un dedo sobre la superficie del concreto. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provocan el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas.

El fraguado y endurecimiento no son más que dos estados separados convencionalmente; en realidad solo hay un único proceso de hidratación continuo.

En el cemento portland, el más frecuente empleado en los hormigones, el primer componente en reaccionar es el aluminato tricálcico con una duración rápida y corta (hasta 7-28 días). Después el silicato tricálcico, con una aportación inicial importante y continua durante bastante tiempo. A continuación el silicato bicálcico con una aportación inicial débil y muy importante a partir de los 28 días.

El fenómeno físico de endurecimiento no tiene fases definidas. El cemento está en polvo y sus partículas o granos se hidratan progresivamente, inicialmente por contacto del agua con la superficie de los granos, formándose algunos compuestos cristalinos y una gran parte de

compuestos microcristalinos asimilables a coloides que forman una película en la superficie del grano. A partir de entonces el endurecimiento continúa dominado por estas estructuras coloidales que envuelven los granos del cemento y a través de las cuales progresa la hidratación hasta el núcleo del grano.

El hecho de que pueda regularse la velocidad con que el cemento amasado pierde su fluidez y se endurece, lo hace un producto muy útil en construcción. Una reacción rápida de hidratación y endurecimiento dificultaría su transporte y una cómoda puesta en obra rellenando todos los huecos en los encofrados. Una reacción lenta aplazaría de forma importante el desarrollo de resistencias mecánicas. En las fábricas de cemento se consigue controlando la cantidad de yeso que se añade al clinker de cemento. En la planta de concreto, donde se mezcla la pasta de cemento y agua con los áridos, también se pueden añadir productos que regulan el tiempo de fraguado.

En condiciones normales un concreto portland normal comienza a fraguar entre 30 y 45 minutos después de que ha quedado en reposo en los moldes y termina el fraguado trascurridas sobre 10 ó 12 horas. Después comienza el endurecimiento que lleva un ritmo rápido en los primeros días hasta llegar al primer mes, para después aumentar más lentamente hasta llegar al año donde prácticamente se estabiliza.

El endurecimiento del concreto depende a su vez de la lechada o pasta formada por el cemento y el agua, entre los que se desarrolla una reacción química que produce la formación de un coloide "gel", a medida que se hidratan los componentes del cemento. La reacción de endurecimiento es muy lenta, lo cual permite la evaporación de parte del agua necesaria para la hidratación del cemento, que se traduce en una notable disminución de la resistencia final. Es por ello que debe mantenerse húmedo el concreto recién colado, "curándolo".

#### **II.1.4. EL CURADO DEL CONCRETO**

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada



### II.1.5. MATERIALES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO

Los materiales a usar para una mezcla de concreto son:

- CEMENTO PÓRTLAND PORTLAND
- AGREGADOS
- AGUA
- ADITIVO (opcional)

### II.1.6. COMPOSICIÓN DEL CONCRETO

a) **LA PASTA:** La pasta de cemento (cemento más agua), por su parte, llena los espacios libres entre partículas de áridos, y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica que siempre requiere de agua para que tenga lugar, siendo mucho más intensa la reacción en los primeros días posteriores a la fabricación del concreto, y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo. Normalmente, dentro del concreto, una parte del cemento no alcanza a combinarse con el agua, por lo que permanece como cemento no hidratado.

b) **EL GEL:** Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

El gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas en su mayoría escamosas o fibrosas el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfos.

En su composición el gel comprende: La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa, el hidróxido de calcio cristalino y los poros gel.

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y elasticidad, donde intervienen dos clases de adherencia cohesivas; Atracción física y adherencia química.

c) **POROSIDAD DE LA PASTA:** Existen vacíos denominados poros los cuales no contienen materia sólida aunque bajo determinadas circunstancias algunos podrían estar totalmente llenos de agua. Se pueden clasificar en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño promedio o ubicación, los poros pueden ser:

- Poros por aire atrapado
- Poros por aire incorporado
- Poros capilares
- Poros Gel.

## II.1.7. CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO

### a) POR EL PESO ESPECÍFICO

- Ligero, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m<sup>3</sup>.
- Normal, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m<sup>3</sup>.
- Pesado, cuyo Peso Unitario se encuentre entre >2800 Kg/m<sup>3</sup>.

### b) SEGÚN SU APLICACIÓN

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Pos tensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

### c) POR SU COMPOSICIÓN

- Ordinario.
- Ciclópeo: con áridos de 50 cm.
- Cascotes: Concreto de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árido >25 mm.
- Con aire incorporado: en el concreto se le inyecta aire >6% V.
- Ligero: 1,2 – 2 = 2 N/mm<sup>2</sup> Pesado: áridos de densidad muy grande.
- Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.

### d) POR SU RESISTENCIA

- Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos.

## II.1.8. CRITERIOS A TENER EN CUENTA PARA LA FABRICACION DE CONCRETO

### a) RESPECTO AL AGREGADO FINO

- ✓ Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- ✓ Debe estar graduado dentro de los límites dados en los requisitos obligatorios.
- ✓ El módulo de fineza debe estar entre 2.3 a 3.1
- ✓ Deberá estar libre de materia orgánica, que es determinado mediante el ensayo indicado en ASTM C 40 ,si no cumple con esta especificación puede ser utilizado siempre que realizado el ensayo de compresión a los 7 días de morteros preparados

con arena sana y otros con la arena en cuestión la resistencia no sea menor del 95%.

**b) RESPECTO AL AGREGADO GRUESO**

- ✓ Estará conformado de fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semiangulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de texturas preferentemente rugosas y libres de material escamoso o partículas blandas.
- ✓ La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Estará graduado dentro de los límites especificados en la tabla de requisitos obligatorios.
- ✓ El tamaño máximo del agregado a tomar será:
  - 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó
  - 1/3 de la altura de las losas ó
  - 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.
- ✓ Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

**c) RESPECTO AL AGUA**

- ✓ El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.
- ✓ Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de Laboratorio.
- ✓ La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto el agua de la fuente elegida.

## II.2. LA CANTERA

### II.2.1. DESCRIPCIÓN

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros. Por ser materia prima en la ejecución de estas obras, su valor económico representa un factor significativo en el costo total de cualquier proyecto.

Toda cantera tiene una vida útil, y una vez agotada, el abandono de la actividad suele originar serios problemas de carácter ambiental, principalmente relacionados con la destrucción del paisaje.

En la Ciudad de Trujillo en el distrito del Huanchaco en su sector "EL MILAGRO" se encuentran ubicadas la mayor parte de canteras para la extracción de agregados de construcción debido a que su suelo es rico en yacimientos de áridos naturales y que para su extracción son sometidos únicamente a procesos mecánicos.

En la Ciudad de Huamachuco en el Distrito de Sanagoran en el Sector "LA ARENA" se encuentra ubicada la mayor parte de canteras para la extracción de agregados de construcción, los mismos que son extraídos del "RIO BADO" debido a que este es rico en yacimientos de gravas y arenas.

En cuanto a su forma se distinguen en redondeados (o rodados) y procedentes de machaqueo. Este último presenta formas angulosas debido a la fracturación mecánica necesaria para su obtención. Las rocas de las que se extraen áridos naturales son: Arenas y Gravas

### II.2.2. CLASIFICACIÓN DE CANTERAS

#### II.2.2.1. SEGÚN EL TIPO DE EXPLOTACIÓN

- a) **Canteras a Cielo Abierto:** En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro.
- b) **En corte:** cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Pit).
- c) **Canteras Subterráneas.**

### II.2.2.2. SEGÚN EL MATERIAL A EXPLOTAR

- a) De Materiales Consolidados o Roca.
- b) De Materiales no Consolidados como suelos, saprolito, agregados,
- c) terrazas aluviales y arcillas

### II.2.2.3. SEGÚN SU ORIGEN

- a) Canteras Aluviales
- b) Canteras de roca o peña

### II.2.3. PROCESOS REALIZADOS EN LAS CANTERAS

El material de cantera no suele tener las propiedades que se le exigen en obra como son una granulometría definida, un tamaño máximo o estar libres de finos por lo que deben ser sometidos a varios procesos para su puesta en obra:

- a) **Limpieza:** Se les quitan las ramas, los finos y otros restos que puedan tener. Suele implicar humedecerlos por lo que al final también tendrán un secado posterior si se requieren secos.
- b) **Triturado:** Para conseguir el diámetro máximo necesario se deben romper con las trituradoras. La trituración completa tiene tres fases. La primaria en la que sale un árido de 2 cm, La secundaria en la que el tamaño oscila entre 1,5 y 0,5 cm y la terciaria que produce arenas.
- c) **Clasificación:** Dependiendo del diámetro se puede hacer con un cribado, aunque si el diámetro es menor de 2 mm resulta más rentable usar separación hidráulica y neumática.

### II.2.4. USOS DEL MATERIAL EXTRAÍDOS DE LAS CANTERAS

Los materiales extraídos de las canteras de agregados se utilizan para:

- Confección de hormigones y morteros
- Rellenos
- Escolleras
- Balastos de vías férreas
- Bases y subbases de carreteras
- Firmes de aglomerados asfálticos

## II.2.5. PROBLEMÁTICA GENERADA POR TAJOS Y CANTERAS

La presencia de estas canteras contribuye a incrementar la contaminación dado el proceso de explotación, el incremento de la erosión y, en general, porque afectan la estabilidad de las áreas de explotación. La explotación antitécnica de las canteras, es principalmente la causa que provoca la destrucción de la belleza natural de los cerros, pone en situación de riesgo a los vecinos y genera contaminación ambiental.

Como consecuencia de este tipo de intervención se modifica la topografía, cambia la dinámica hidrológica e hidrogeológica, las napas descienden o se agotan, los torrentes y cañadas se desvían o se secan y, al fin, se crean pequeñas lagunas, lodazales o ciénagas, con diversos efectos sobre las características del sitio en cuestión. Las cavidades así formadas suelen generar abatimientos de los niveles piezométricos de los acuíferos, que a veces se extienden por varios kilómetros, inutilizando pozos y desaguando las barrancas y torrenteras.

En algunos sitios en que los niveles de las napas son más bajos, las canteras pueden volverse puntos de recarga subterránea, incorporándose al flujo subterráneo aguas superficiales contaminadas. De ese modo, pueden inutilizarse los acuíferos vecinos con los consiguientes perjuicios a la población. Parte del agua que escurría superficialmente o fluía bajo tierra pasa a ser recogida en las depresiones de las canteras donde se infiltra o evapora, restando metros cúbicos de agua a los balances hídricos de las microcuencas. Disminuye el agua disponible, algunas tomas quedan inutilizadas y, más particularmente, se reduce la capacidad de dilución de los cursos de agua, de gran importancia para disminuir los niveles de contaminación en ríos y arroyos urbanos.

Por otra parte, los desagotes de canteras y tajos pueden movilizar importantes volúmenes de sedimentos en suspensión o diversas sustancias de descarte disueltas en el agua perjudicando la calidad de los cursos inferiores de los ríos. En algunos casos, los montos de materiales de ganga desalojados de las canteras (a menudo mezclados con basuras) pueden ser muy grandes provocando obstrucciones en los acueductos, canales, puentes, redes de drenaje y alcantarillas urbanas. Las canteras en actividad pueden ser también fuentes de polvo que suele incorporarse en el aire urbano creando condiciones perjudiciales de contaminación atmosférica para la población que vive en sus proximidades. Los aerosoles producidos a partir de las canteras pueden extenderse por varios kilómetros en la dirección de los vientos efectivos. Este fenómeno es particularmente grave en los países áridos o al cabo de largos períodos de sequía en las regiones de lluvias periódicas o estacionales.

## II.2.6. ENFRENTAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Al llevar a cabo el diseño de una cantera en sus fases de apertura y operativa, así como de rehabilitación luego del cese de las operaciones, es importante que se integren todas las medidas y estrategias con las políticas de gestión tanto de las canteras como de las cuencas a las que éstas pertenecen. Se supone que la apertura y operación de las canteras y tajos se inscriben en un marco político-institucional y legal que determina las orientaciones y restricciones que existen en la materia. En Canadá, Estados Unidos, Europa occidental y casi todos los países de América Latina, para obtener una autorización de instalación y operación de una cantera, tajo o mina se requiere realizar un estudio de impacto previo, en función del cual, y teniendo en cuenta otras consideraciones, se otorga o no el permiso.

Una vez abierta la cantera o mina es necesario cumplir con las reglamentaciones existentes que aseguren que la operación de la misma se haga en las mejores condiciones desde el punto de vista de la seguridad, de la salubridad y del ambiente. En América Latina el problema principal en esta primera fase suele ser la inadecuación de los sistemas de autorización y/o control, que dan lugar a que se autoricen canteras sin estudios ambientales o con estudios insuficientes, que terminan instalándose en lugares inapropiados o riesgosos para la población local.

Una vez que la cantera o tajo cesa sus operaciones los problemas ambientales, sanitarios o de seguridad no se terminan. Muy por el contrario, al disminuir o desaparecer el control de la empresa que se ocupaba de la cantera, el lugar queda sin vigilancia dando lugar a diversos tipos de riesgo para la población local. Para evitar esto es necesario asegurar que los sitios de canteras o tajos sean rehabilitados al terminar la fase operativa.

La rehabilitación es un tema central en muchos países industriales. En Canadá las provincias han desarrollado reglamentaciones y programas destinados a asegurar que las canteras y minas abandonadas se rehabiliten. En varias de ellas (p.e. Manitoba y Ontario) se cobra un impuesto operativo que es destinado a financiar los programas de rehabilitación. Estrategias similares se aplican en Australia, Francia, Irlanda, Reino Unido y Estados Unidos. Desafortunadamente, en la mayor parte de los países de América Latina los procesos de rehabilitación están insuficientemente reglamentados y gran parte de las canteras y tajos abandonados permanecen largo tiempo en esas condiciones sin que se lleve a cabo ningún trabajo de recuperación, con los riesgos ambientales consecuentes.

Para poder iniciar una rehabilitación sistemática de las canteras, tajos y minas antiguas o recientemente abandonadas se requiere programas específicos que promuevan la

recuperación y voluntad política para llevarlos a cabo. El objetivo público de los programas de rehabilitación es que las canteras y tajos desechados se rehabiliten a una condición que sea segura, ambientalmente estable y compatible con las tierras adyacentes.

Se supone que la extracción mineral es un uso pasajero de la tierra y que luego de realizada ésta debe volverse el terreno a una condición estable apropiada para el uso que se pretende darle después de terminada la actividad. El resultado final debe ser coherente con la aptitud del suelo antes de las operaciones y beneficiar a la comunidad.

Los principios básicos de la rehabilitación [New South Wales, Environment Protection Authority, EPA Home Page, Mining and Quarrying, Sydney, Australia] son:

- (1) debe constituir parte integral de la operación extractiva
- (2) requiere un compromiso similar a las otras fases de la operación
- (3) debe seguir un plan bien definido, aunque flexible, con objetivos a corto y largo plazo
- (4) la superficie debe ser rehabilitada a una forma estable y permanente armonizando con las características de la zona:
- (5) el objetivo a largo plazo debe ser proporcionar una cobertura vegetal permanente, auto-sostenible y/o productiva, y
- (6) durante el proceso de rehabilitación se debe prevenir la erosión acuática y eólica, así como los focos de aguas estancadas o de otro tipo que contengan organismos patógenos y que puedan representar un riesgo sanitario.

A pesar de que cada sitio es único, el logro de este patrón general implica eliminación de taludes y declives pronunciados, regularización de la topografía de fondo y lateral, redistribución de las pilas de derrubios, cobertura de la superficie con suelos vegetales donde corresponda, eliminación y/o desinfección de aguas estancadas y plantación de vegetales apropiados al lugar en cuestión.

Las estrategias públicas deben procurar determinar cómo y dónde se instalan las canteras y tajos, controlar su forma de operar y promover u obligar la rehabilitación de los terrenos degradados. Las organizaciones civiles, barriales y locales deben concienciarse respecto de la gravedad de los impactos que canteras y tajos pueden tener en su calidad de vida y actuar ante las autoridades para que cumplan las reglamentaciones o, si no existen, que se creen.



Solamente la acción combinada de la sociedad civil y los poderes públicos podrá asegurar que la extracción de materiales de construcción proporcione más beneficios que perjuicios a las generaciones actuales y venideras.

La minería es una actividad a corto plazo pero con efectos a largo plazo. A nadie le cabe duda que cuando se realiza en zonas de bosque constituye una depredación. La minería, junto con la explotación de petróleo, amenazan el 30% de las últimas extensiones de bosques primarios del mundo.

La deforestación no sólo afecta el hábitat de cientos de especies (muchas llevadas a la extinción), también afecta el mantenimiento de un flujo constante de agua desde los bosques hacia los demás ecosistemas y centros urbanos.

El enorme consumo de agua que requiere la actividad minera generalmente reduce la napa freática del lugar, llegando a secar pozos de agua y manantiales. El agua termina contaminada con materiales tóxicos que pueden continuar durante cientos e incluso miles de años.

## CAPITULO III

### III. MATERIALES A USAR PARA MEZCLA DE CONCRETO

#### III.1. CEMENTO

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada concreto (en España, parte de Suramérica y el Caribe hispano) o concreto (en México y parte de Suramérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil.

#### III.1.1. TIPOS DE CEMENTOS

##### a) CEMENTOS PÓRTLAND SIN ADICIÓN

Constituidos por Clinker pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las normas técnicas:

- Tipo I : Para usos que no requieren propiedades especiales de ningún otro tipo.
- Tipo II : Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III : Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV : Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V : Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

##### b) CEMENTOS PÓRTLAND ADICIONADOS

Contienen además de Clinker portland y yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que se constituyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejem. Puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfatos de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según normas técnicas:

- Cementos pórtland Puzolánicos (NTP 334.044)

### III.2. AGREGADOS

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Como conceptos de caracterización física de los agregados tenemos:

- **TAMAÑO MÁXIMO:** Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.
- **TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:** Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido
- **MÓDULO DE FINEZA:** Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos } (1\frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , 3/8'' , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

#### III.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS:

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

##### a) POR SU NATURALEZA:

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y concreto (agregado global).

- ✓ **El agregado fino:** se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- ✓ **El agregado grueso,** es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- ✓ **El concreto** , es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

**b) POR SU DENSIDAD:**

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

**c) POR EL ORIGEN, FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL**

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades.

En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- ✓ **Angular:** Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- ✓ **Sub angular:** Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- ✓ **Sub redondeada:** Considerable desgaste en caras y bordes.
- ✓ **Redondeada:** Bordes desgastados casi eliminados.
- ✓ **Muy Redondeada:** Sin caras ni bordes.

Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- ✓ **Lisa**
- ✓ **Áspera**
- ✓ **Granular**
- ✓ **Vítrea**
- ✓ **Cristalina**

**d) POR EL TAMAÑO DEL AGREGADO:**

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- ✓ Agregados finos (arenas) y
- ✓ Agregados gruesos (piedras).

### **III.2.2. FUNCIONES DEL AGREGADO**

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- ✓ Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- ✓ Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

- ✓ Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado **Módulo de finura**, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados.

Si se fractura una piedra, como se observa en la figura, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de piedra. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura.

### III.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

- DENSIDAD:** Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.
- POROSIDAD:** La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.
- PESO UNITARIO:** Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

- d) **PORCENTAJE DE VACÍOS:** Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.
- e) **CONTENIDO DE HUMEDAD:** Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

#### III.2.4. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS AGREGADOS

- a) **RESISTENCIA:** La resistencia de los agregados dependen de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles.

La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante. La norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4mm de diámetro y altura.

- b) **TENACIDAD:** Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.
- c) **DUREZA:** Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.
- d) **MÓDULO DE ELASTICIDAD:** Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones. El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

Tabla: Valores de módulos elásticos

Tipo de agregado	Módulo Elástico
GRANITOS	610000 kg/cm <sup>2</sup>
ARENISCAS	310000 kg/cm <sup>2</sup>
CALIZAS	280000 kg/cm <sup>2</sup>
DIABASAS	860000 kg/cm <sup>2</sup>
GABRO	860000 kg/cm <sup>2</sup>

### III.2.5. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS AGREGADOS

- a) **COEFICIENTE DE EXPANSIÓN:** Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca. En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre  $0.9 \times 10^{-6}$  a  $8.9 \times 10^{-6}$  / °C.
- b) **CALOR ESPECÍFICO:** Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.
- c) **CONDUCTIVIDAD TÉRMICA:** Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 BTU/ pie.hr. °F.
- d) **DIFUSIVIDAD:** Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad.

### III.2.6. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS

- a) **REACCIÓN ÁLCALI-SÍLICE:** Los álcalis en el cemento están constituidos por el Óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo Normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.
- b) **REACCIÓN ÁLCALI-CARBONATOS:** Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción.

### III.2.7. NORMAS Y REQUISITOS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO

#### III.2.7.1. REQUISITOS OBLIGATORIOS:

##### a) GRANULOMETRÍA:

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

Tabla: Requisitos granulométricos para el agregado grueso

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Tabla: Requisitos granulométricos para el agregado fino

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (Nº4)	89 – 100	95 – 100	85 – 100	89 – 1000
2.38 mm (Nº8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.20 mm (Nº 16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm (Nº 30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm (Nº 50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
0.15 mm (Nº 100)	0 – 12	2 – 10	0 – 12*	0 – 12*

**Nota:** Se permite el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concretos con la calidad requerida.



Además del tamaño máximo también es importante que la cantidad de granos de menor tamaño esté bien balanceada en la composición total del agregado. Los agregados con falta de esos tamaños tienen una mayor cantidad de espacios vacíos entre sus partículas y puestos en el concreto requerirán más cantidad de pasta.

#### **b) DESGASTE POR ABRACION**

El índice de desgaste de un árido está relacionado con su resistencia a la abrasión por medios mecánicos y también con la capacidad resistente de los concretos con él fabricados; cobra particular importancia en áridos empleados en concretos de pavimentos.

La norma Nch 1369.07 establece el procedimiento para determinar la resistencia al desgaste de las gravas de densidad real normal.

El método consiste en analizar granulométricamente un árido grueso, preparar una muestra de ensayo que se somete a abrasión en la máquina de Los Angeles y expresar la pérdida de material o desgaste como el porcentaje de pérdida de masa de la muestra con respecto a su masa inicial.

##### **Procedimiento:**

- Se determina la granulometría original de la muestra mediante tamizado y empleando la siguiente serie de tamices, en mm 80- 63- 50- 40- 25- 20 -12,5 -10-6,3-5-2,5. El material se deja separado en las fracciones correspondientes.
- Se elige el grado de ensayo más aproximadamente coincidente con la granulometría original de la muestra, lo que significa ensayar la mayor proporción posible del árido original. Para ello se considera la granulometría, expresada en porcentajes parciales retenidos en los tamices; se calcula la sumatoria de porcentajes parciales retenidos para cada grado del 1 al 7; y se elige el grado correspondiente a la mayor sumatoria. (Ver tabla en Nch 1369).
- En caso que se trate de prospecciones de yacimientos o rocas y áridos sin selección ni tratamiento, se procesará la muestra a fin de componer la banda granulométrica adecuada al uso propuesto y elegir el grado de ensayo correspondiente a dicha banda granulométrica.

### III.3. AGUA PARA EL CONCRETO

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

- a) La formación de gel
- b) En estado fresco, faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.
- c) En estado endurecido; la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas

#### III.3.1. RELACION AGUA –CEMENTO (a/c) EN EL CONCRETO

Es la relación de peso del agua con el cemento; tiene una influencia importante en la calidad del concreto producido. Una proporción menor de agua-cemento conduce a una mayor resistencia y durabilidad, pero puede hacer la mezcla más difícil de colocar, pero estas dificultades se pueden resolver mediante el uso de plastificante .

Pero entre más alta esta relación, el concreto se vuelve más trabajable, la relación agua-cemento es independiente del contenido de cemento total (y el contenido total de agua) de una mezcla de concreto.

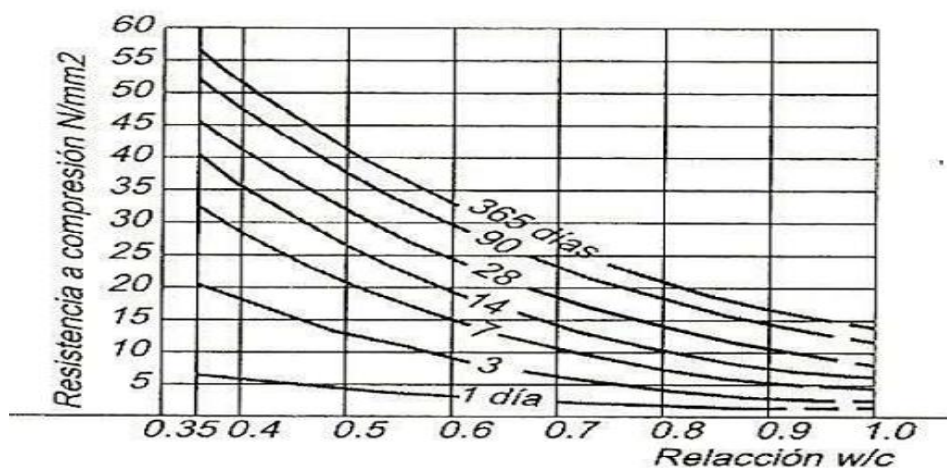
RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS ( $f'_{cp}$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
450	0.38	....
400	0.43	....
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
280	0.58	0.49
250	0.62	0.53
210	0.68	0.59
200	0.70	0.61
175	0.75	0.66
150	0.80	0.71

### III.3.2. INFLUENCIA DE LA RELACIÓN AGUA- CEMENTO

El concreto endurece como resultado de la reacción química entre el cemento y el agua conocida como la hidratación. Por cada 2 kilos de cemento,  $\frac{1}{2}$  de agua se necesita para completar la reacción. Esto resulta en una relación agua/cemento de 1:4 o 25%. En realidad, una mezcla formada con un 25% de agua es demasiado seca y no conviene lo suficientemente bien como para ser colocado, ya que la parte del agua es absorbida por la arena y la piedra, y no está disponible para participar en la reacción de hidratación. Por lo tanto, más agua se utiliza, entonces es técnicamente necesario para reaccionar con el cemento. Más típico de agua/cemento de los coeficientes de 35% a 40% de sus ingresos, junto con un plastificante.

El exceso de agua se traducirá en la solución y la segregación de la arena y piedra de los componentes (más de arena en la parte superior capas debido a que la piedra se asentarán en la parte inferior). Además, el agua que no es consumida por la reacción de hidratación que al final acabará abandonando el concreto, ya que se endurece, lo que resulta en poros microscópicos agujeros o que reduzca la fuerza final del concreto.

A continuación se muestra el siguiente gráfico:



INFLUENCIA DE LA RELACION AGUA – CEMENTO

### III.3.3. REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA

El agua que debe ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites.

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos ( ión SO <sub>4</sub> )	600	ppm	Máximo
Cloruros ( ión Cl <sup>-</sup> )	1,000	ppm	Maximo
pH	5 a 8	ppm	Maximo

### III.3.4. AGUAS PROHIBIDAS

Está prohibido emplear en la preparación del concreto:

- Aguas ácidas. En general, el agua de mezclado que contiene ácidos clorhídrico, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones inferiores a 10,000 ppm no tiene un efecto adverso en la resistencia. Las aguas acidas con valores pH menores que 3.0 pueden ocasionar problemas de manejo y se deben evitar en la medida de lo posible
- Aguas calcáreas; minerales; carbonatadas; o naturales
- Aguas provenientes de minas o relaves
- Aguas que contengan residuos industriales
- Aguas con un contenido de cloruro de sodio mayor del 3%; o un contenido de sulfato mayor del 1%.
- Aguas que contengan algas: materia orgánica: humus; partículas de carbón; turba; azufre; o descargas de desagües.
- Aguas que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos.
- Aguas que contengan azúcares o sus derivados.
- Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali-agregado. Las aguas con concentraciones de hidróxido de sodio de 0.5% el peso del cemento, no afecta en gran medida a la resistencia del concreto toda vez que no ocasionen un fraguado rápido.

### III.4. ADITIVOS

Los aditivos para el concreto (concreto) son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.

Se pueden distinguir dos grupos principales de aditivos:

- **Modificadores de la geología**, que cambian el comportamiento en estado fresco, tal como la consistencia, docilidad, etc.
- **Modificadores del fraguado**, que adelantan o retrasan el fraguado o sus condiciones.

Los componentes básicos del Concreto son cemento, agua y áridos; otros componentes minoritarios que se pueden incorporar son: adiciones, aditivos, fibras, cargas y pigmentos.

Existen aditivos que incrementan la fluidez del concreto haciéndolo más manejable, los aditivos que aceleran el fraguado son especialmente diseñados para obras o construcciones donde las condiciones climáticas evitan un curado rápido.

Los aditivos retardantes son usados en lugares donde el concreto fragúa rápidamente, especialmente en regiones con clima cálido o en situaciones donde el concreto debe ser transportado a grandes distancias; esto con la intención de manipular la mezcla por mayor tiempo.

De acuerdo con su función principal se clasifica a los aditivos para el concreto de la siguiente manera:

- **Aditivo reductor de agua/plastificante:** Aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir el contenido de agua de un determinado concreto, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta el asiento (cono de abrams)/escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.
- **Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo superplastificante:** Aditivo que, sin modificar la consistencia del concreto, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asiento (cono de abrams)/ escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

- **Aditivo reductor de agua:** Aditivo que reduce la pérdida de agua, disminuyendo la exudación.
- **Aditivo inclusor de aire:** Aditivo que permite incorporar durante el amasado una cantidad determinada de burbujas de aire, uniformemente repartidas, que permanecen después del endurecimiento.
- **Aditivo acelerador de fraguado:** Aditivo que reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido.
- **Aditivo acelerador del endurecimiento:** Aditivo que aumenta la velocidad de desarrollo de resistencia iniciales del concreto , con o sin modificación del tiempo de fraguado.
- **Aditivo retardador de fraguado:** Aditivo que aumenta el tiempo del principio de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido.
- **Aditivo hidrófugo de masa:** Aditivo que reduce la absorción capilar del concreto endurecido.
- **Aditivo multifuncional:** Aditivo que afecta a diversas propiedades del concreto fresco y/o endurecido actuando sobre más de una de las funciones principales definidas en los aditivos mencionados anteriormente.

Existen otra variedad de productos que, sin ser propiamente aditivos y por tanto sin clasificarse como ellos, pueden considerarse como tales ya que modifican propiedades del concreto , como ocurre con los colorantes o pigmentos que actúan sobre el color concreto , los generadores de gas que lo hacen sobre la densidad, etc.

## CAPITULO IV

### IV. METODOS PARA EL DISEÑO DE MESCLAS DE CONCRETO

#### IV.1. INTRODUCCION

Actualmente, el concreto es el elemento más usado en el ámbito mundial para la construcción lo que conlleva a la evolución de las exigencias para cada uso del mencionado elemento. La demanda del concreto ha sido la base para la elaboración de los diferentes diseños de mezcla, ya que estos métodos permiten a los usuarios conocer no solo las dosis precisas de los componentes del concreto, sino también la forma más apropiada para elaborar la mezcla. Métodos de diseño de mezcla están dirigidos a mejorar calificativamente la resistencia, la calidad y durabilidad de todos los usos que pueda tener el concreto.

**EL DISEÑO DE MEZCLA** es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

Existen diferentes métodos de diseño de mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que depende los resultados dichos métodos, aun así se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos sin embargo existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

En oportunidades no es necesario tener exactitud en cuanto las proporciones de los componentes del concreto en estas situaciones se frecuenta el uso de reglas generales lo que permite establecer las dosis correctas a través de recetas que permiten contar con un diseño de mezcla apropiado para estos casos.

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes Requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener exudación mínima.
- La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del uso que se va a dar a la estructura.
- El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

## IV.2. METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla permite obtener un coeficiente  $b / b_0$  resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en  $\text{kg/ m}^3$ .

### IV.2.1. RESUMEN DEL DESARROLLO DEL MÉTODO:

- a) Selección de la resistencia promedio
- b) Selección del tamaño máximo nominal de agregados finos
- c) Selección del asentamiento (slump)
- d) Selección del volumen unitario de agua (tablas)
- e) Selección de Contenido de aire (tablas)
- f) Selección de la relación agua /cemento (tablas)
- g) Determinación del cemento
- h) Determinación del agregado (tablas)
- i) Determinación de los volúmenes absolutos de sus componentes.
- j) Determinación del peso seco del agregado fino
- k) Determinación de los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente corrección

### IV.2.2. DESARROLLO DEL METODO PASO A PASO

a) **Selección de la resistencia promedio:** Mediante las ecuaciones del ACI

$$f_{cr}=f_c+1.34s\text{.....I}$$

$$f_{cr}=f_c+2.33s-35\text{.....II}$$

De I y II se asume la de mayor valor. Donde  $s$  es la desviación estándar.

Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores:

$f_c$	$f_{cr}$
Menos de 210	$f_c + 70$
210-350	$f_c + 84$
> 350	$f_c + 98$

Teniendo en cuenta el grado de control de calidad en la obra:

Nivel de Control	$f_{cr}$
Regular o Malo	1.3 a 1.5 $f_c$
Bueno	1.2 $f_c$
Excelente	1.1 $f_c$



**b) Selección del tamaño máximo nominal de agregados finos:** La elección del tamaño máximo del agregado, segundo paso del método, debe considerar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permite que el concreto sea colado sin cavidades o huecos.

**c) Selección del asentamiento (slump):** Se determina la trabajabilidad del concreto fresco mediante el ensayo de slump realizado mediante el uso de cono de Abrams, en este paso se selección el slump teórico a alcanzar según las solicitaciones de la obra.

Tabla 01: Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras



TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

**d) Selección del volumen unitario de agua (tablas):** el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido

Tabla 03: Volumen de agua por m<sup>3</sup>

Asentamiento	Agua en lt/m <sup>3</sup> , para TNM agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

e) Selección de Contenido de aire (tablas)

**Tabla 02: Contenido de aire atrapado**

TNM del agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

f) Selección de la relación agua /cemento (tablas): el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera

**Tabla 04: Relación agua/cemento por resistencia**

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cp) (Kg/cm2)	RELACION AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
450	0.38	....
400	0.43	....
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
280	0.58	0.49
250	0.62	0.53
210	0.68	0.59
200	0.70	0.61
175	0.75	0.66
150	0.80	0.71

g) Determinación del cemento: El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua

h) Determinación del agregado (tablas)

**Tabla 05: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto**

TNM del agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/b0)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

- i) **Determinación de los volúmenes absolutos de sus componentes:** el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto
- j) **Determinación del peso seco del agregado fino:** Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia
- k) **Determinación de los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente corrección:** Este paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados para luego realizar los ajustes a las mezclas de prueba.

**Tabla 06: Módulo de fineza de la combinación de agregados**

TNM del agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de cemento en bolsas/m <sup>3</sup> ( m )			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	5.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

**Tabla 07: Contenido de aire incorporado y total**

TNM del agregado Grueso	Contenido de aire total ( % )		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
<b>3/8"</b>	4.5	6.0	7.5
<b>1/2"</b>	4.0	5.5	7.0
<b>3/4"</b>	3.5	5.0	6.5
<b>1"</b>	3.0	4.5	6.0
<b>1 1/2"</b>	2.5	4.0	5.5
<b>2"</b>	2.0	3.5	5.0
<b>3"</b>	1.5	3.0	4.5
<b>6"</b>	1.0	2.5	4.0

### IV.3. METODO FULLER

En 1907, Fuller y Thompson, publicaron en Estados Unidos el documento "The Laws of Proportioning Concrete", el cual se constituyó en el punto de partida de todos los desarrollos teóricos de curvas de granulometría; éste se basa en un comportamiento elíptico en su fracción fina, de la curva de gradación ideal de toda la masa, incluyendo el aglomerante, y que converge en una línea recta tangente a la elipse. La ecuación general para la parte elíptica de la curva, está dada por

$$(y - b)^2 / b^2 + (x - a)^2 / a^2 = 1$$

Donde, y es el porcentaje de material que pasa el tamiz de abertura x; a y b son constantes que representan los ejes de la elipse y su valor depende del tamaño máximo (D) del agregado y de la forma de las partículas. Las constantes se caracterizan de tal manera que al ser más angulosas las partículas, más amplio es el porcentaje de material fino representado por la parte elíptica. En el Tabla 1., se muestran los valores de las constantes a y b.

Tabla 1. Valores de las constantes a y b, que representan la parte elíptica de la ecuación Fuller – Thompson.

Clase de material	a	b
Agregados de canto rodado	0.164 D	28.6
Arena natural y grava triturada	0.150 D	30.4
Arena y grava trituradas	0.147 D	30.8

En la curva ideal de Fuller – Thompson, se encuentra un valor de  $x = 0.074$  mm para un valor de y del 7%, es decir, que el 7% de la masa está constituido por partículas de diámetro inferior a 0.074 mm, o pasa tamiz 200 más el cemento; para algunos autores, la obtención de la curva para solo el agregado, se obtiene al restarse la porción de cemento en cada caso y tomar el resto como 100%. Esto genera una curva de tendencia parabólica, la cual se denomina parábola de Fuller –Thompson y se expresa como:

$$P = 100 \sqrt{(d/D)} = 100 [d/D]^{1/2}$$

En donde, P es el porcentaje de material que pasa por el tamiz de abertura d; y D es el tamaño máximo del agregado. Se ha observado que los agregados gradados a través de la ecuación de fuller dan lugar a mezclas ásperas y poco manejables en estado plástico debido a la falta de finos, especialmente para concretos con bajo contenido de cemento.

## CAPITULO V

### V. ENSAYOS DE LABORATORIO

#### V.1. INTRODUCCION

En el presente capitulo detallamos los ensayos a llevar a cabo para la elaboración del concreto. Para lo cual hemos dividido en dos partes:

- ✓ En la primera parte nos referimos a las características físicas de los agregados finos y gruesos
- ✓ En la segunda parte nos referimos a las etapas más importantes a tener en cuenta en la elaboración del concreto; desde la toma de muestras hasta la ejecución de los ensayos a la compresión.

#### V.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Es importante analizar las características físicas de los agregados para evaluar cuales son los probables comportamientos en el concreto. En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

A continuación detallamos las características físicas de los agregados a emplear en la presente tesis.

##### V.2.1. AGREGADO FINO

###### V.2.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Teniendo en cuenta la forma irregular de las partículas de los agregados, es obvio que no es simple establecer un criterio numérico individual para definir el tamaño de cada partícula midiendo sus dimensiones.

Como sería sumamente difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de las partículas, se usa una manera indirecta, la cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total, a esto se le denomina análisis granulométrico, que es la representación mínima de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Para realizar el análisis granulométrico del agregado fino nos regimos de la NTP 400.012, la cual nos indica que para este tipo de ensayo tomamos una muestra de 500gr. Dicha muestra fue secada en el horno a una temperatura de  $100^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  y posteriormente tamizada por las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50, y N°100, los resultados del tamizado se expresó indicando el porcentaje retenido por cada tamiz referido al total de la muestra.

### **V.2.1.2. MÓDULO DE FINEZA**

En busca de las caracterizaciones numéricas que representa la distribución volumétrica de las partículas de los agregados, se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie estándar hasta el tamiz N°100 y esta cantidad se divide entre 100.

El módulo de fineza del agregado fino deberá estar comprendido entre los valores de 2.35 a 3.15. El módulo de fineza es un indicador de la finura de los agregados, puesto que cuanto mayor sea el módulo de fineza, más grueso es el agregado.

### **V.2.1.3. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

El peso unitario o aparente de los agregados es su peso tal como se encuentra en la realidad, es decir incluye los vacíos entre partículas, este peso es variable dependiendo del grado de capacidad o de humedad, además varía con el tamaño, forma y granulometría del agregado. La obtención del peso unitario del agregado es importante ya que este valor sirve para calcular las cantidades de materiales para la mezcla y para convertir volúmenes en peso o viceversa; la NTP 400.017 es la que rige el presente ensayo.

A continuación mencionamos los ensayos relacionados al peso unitario del agregado fino.

- ✓ **Para el peso unitario suelto**
- ✓ **Para el peso unitario compactado**

### **V.2.1.4. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO**

El peso específico es un índice de calidad del agregado, cuando los valores son elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que los valores bajos corresponden a agregados débiles y absorbentes.

El peso específico es la relación, a una temperatura estable de la masa de volumen unitario de agua destilada libre de gas. El peso específico del agregado fino lo rige la norma técnica peruana NTP 400.021.

### **V.2.1.5. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas, según NTP 400.021.

Llamamos absorción a la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta se expresa en porcentaje en peso.

Tiene importancia pues refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerlo en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

#### **V.2.1.6. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

Es la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas de los agregados.

Es una característica importante pues contribuye a relacionar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas.

#### **V.2.2. AGREGADO GRUESO**

##### **V.2.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO**

Para realizar el siguiente ensayo nos regimos por la NTP 400.012, de acuerdo a nuestro tamaño máximo nominal 3/4" la norma nos indica para el ensayo, tomar una muestra de 8 kg. esta muestra esta previamente cuarteada y llevada al horno por espacio de 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , el tamizado se hizo a través de los tamices 1", 3/4", 3/8" y N°4 . El resultado del tamizado se expresa indicando el porcentaje retenido por cada tamiz referido al total de la muestra.

##### **V.2.2.2. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

El peso unitario o aparente de los agregados es su peso tal como se encuentra en la realidad, es decir incluye los vacíos entre partículas, este peso es variable dependiendo del grado de capacidad o de humedad, además varia con el tamaño, forma y granulometría del agregado.

La obtención del peso unitario del agregado es importante ya que este valor sirve para calcular las cantidades de materiales para la mezcla y para convertir volúmenes en peso o viceversa; la NTP 400.017 es la rige el presente ensayo.

A continuación mencionamos los ensayos relacionados al peso unitario del agregado fino.

- ✓ **Para el peso unitario suelto**
- ✓ **Para el peso unitario compactado**

### **V.2.2.3. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO**

Para realizar el peso específico del agregado grueso tomamos en cuenta la NTP 400.021, El peso específico es un índice de calidad del agregado, cuando los valores son elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que los valores bajos corresponden a agregados débiles y absorbentes.

El peso específico es la relación, a una temperatura estable de la masa de volumen unitario de agua destilada libre de gas.

### **V.2.2.4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

El porcentaje de absorción lo hayamos del ensayo del peso específico, la absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa como porcentaje en peso. Y está regido por la norma técnica peruana según NTP 400.021

### **V.2.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

Es la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas de los agregados.

Es una característica importante pues contribuye a relacionar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporciónamiento de las mezclas.

### **V.2.2.6. TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO**

Es el tamaño de la abertura de la malla más pequeña que deja pasar toda la muestra del agregado, según NTP 400.017 se utiliza para seleccionar el agregado según las condiciones de geometría del encofrado y del refuerzo del acero.

El tamaño máximo del agregado grueso utilizado en el presente estudio es de 1”.

### **V.2.2.7. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO**

El tamaño máximo nominal se da generalmente como referencia de granulometría y corresponde a la malla más pequeña que produce el primer retenido.

El tamaño máximo nominal utilizado estudio es de  $\frac{3}{4}$ ”.



### **V.3. ETAPAS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO**

#### **V.3.1. EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.**

Como primera etapa mencionaremos la extracción de las muestras, para lo cual se procede a la toma de muestras de los agregados que es una operación fundamental en el proceso de la producción del concreto.

La forma de extracción utilizada es la llamada “ Muestra del material elaborado”, que es la que se obtiene del material que, después de ser sometido a procesos tales como trituración y tamizado han sido colocados en silos, acumulándolos en montones, y colocados en los vehículos.

La muestra del material utilizado proviene de la Cantera de Huanchaco de la ciudad de Trujillo. Las muestras de agregado grueso fueron tomadas para verificar el tamaño máximo, para ello se transportaron los agregados en sacos tejidos que evitaban la pérdida de finos, estas muestras fueron tomadas de los silos para luego ser transportadas al laboratorio.

En el laboratorio se realizaron sus respectivos análisis granulométricos para determinar su Tamaño Máximo, y de esta manera verificar si el tamaño concuerda con la información brindada por el proveedor.

Los agregados adquiridos en la cantera descrita anteriormente fueron transportados en volquetes y almacenados en un lugar cubierto, no expuestos a cambios de temperatura, contaminaciones y presencia de materia orgánica.

Para la formación de muestras en laboratorio se procedió por el método del cuarteo que consiste de la manera siguiente: Con la muestra representativa se formó un montón que luego se extendió con una pala hasta darle base circular y espesor uniforme, se divide entonces el material, diametralmente en cuatro partes aproximadamente iguales, se toman dos partes opuestas, se mezclan y se recomienza la operación con este material. Esta operación se repetirá hasta que la cantidad de muestras quede reducida a lo que se requiera en cada caso.

#### **V.3.2. TOMA DE MUESTRAS DEL CONCRETO FRESCO.**

Para recoger las muestras del concreto fresco, se utilizaron recipientes de material no absorbentes, de preferencia metálicos, de forma y tamaños adecuados a fin de impedir la segregación de los agregados. Además se contó una pala o cucharón para homogeneizar la muestra, antes de realizar los ensayos.

En el momento de sacar las muestras se tomaron todas las precauciones necesarias para conseguir que sean realmente representativas del concreto a tratar, para ello la corriente de descarga de la hormigonera se dirigió para que caiga al recipiente, teniendo cuidado

además , de que la velocidad de descarga no fuera tan pequeña como para producir la segregación del material.

El tiempo transcurrido entre la toma y el uso de la muestra de concreto no excedió de 15 minutos.

### **V.3.3. ENSAYO DE CONSISTENCIA O SLUMP MEDIANTE EL CONO DE ABRAMS.**

El denominado ensayo de asentamiento o slump, llamado también de revenimiento o “slump test”, se encuentra ampliamente difundido y su empleo es aceptado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

El ensayo consistió en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento del concreto luego de desmoldarlo. El comportamiento del concreto en la prueba, indica su consistencia o sea la capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla.

En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores: se requiere de más agua con agregados de forma angular y textura rugosa; reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

Para realizar el ensayo de consistencia utilizamos un molde troncocónico y una varilla de 5/8” con punta de bala, el molde descansa sobre una superficie plana no absorbente, dicho molde se llenó en tres capas, luego se compacto cada capa mediante 25 golpes con la varilla de acero, estos golpes se les propinan en forma distribuida y en forma de espiral, se tuvo cuidado que la barra solo compacte la capa ensayada.

La última capa se enrasa con ayuda de una espátula para luego levantar el molde verticalmente y con mucho cuidado; el ensayo culmina al medir el asiento del concreto que es la diferencia entre la altura del molde y la cara superior central de la mezcla.

### **V.3.4. ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO:**

Para la elaboración de la presente tesis utilizamos probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30cm de altura.

Se elaboraron probetas cilíndricas para un concreto, para los tipos de cemento como tipo Ico, tipo MS y tipo V de acuerdo a las diferentes relaciones a/c 0.8, 0.75, 0.68 y 0.58, que

en un total hacen de 180 probetas de concreto , las cuales fueron ensayadas a las edades de 3 ,7 ,14, 28 y 56 días de curado.

Para ello fue necesario ensayar tres probetas de concreto con diferente relación agua cemento, para cada edad en los días programados.

Al momento de vaciado del concreto el molde, previamente el molde debe estar limpio y en su parte interior fueron cuidadosamente aceitadas. El moldeo de las probetas se efectuó sobre una superficie horizontal, libre de vibraciones, el llenado de la probeta se efectuó evitando la segregación y vertiendo el concreto con la cuchara; luego de mezclarse el concreto se llenan los moldes en tres capas, cada una de ellas a un tercio de la altura del molde y compactadas enérgicamente con la barra compactadora con 25 golpes en forma vertical y en forma de espiral empezando por los extremos hasta llegar al centro y así sucesivamente con las otras dos capas superiores, en la capa ultima se agregara material hasta rebosar, retirando el material excedente y enrasamos la superficie del molde tratando de lograr un buen acabado, luego de ello con la ayuda de un martillo de goma se propicia golpes para eliminar vacíos.

Las probetas fueron retiradas de los moldes entre las  $20 \pm 4$  horas, después de ser moldeados se procedió soltando los elementos de cierre y luego de un momento se retiraron cuidadosamente los moldes.

Las probetas fueron identificadas en su cara superior con nombre y edad de elaboración, con la ayuda de un lápiz de cera, al cabo de ello las probetas fueron enviadas a la poza de curado.

### **V.3.5. CURADO DE PROBETAS CILÍNDRICAS**

Para obtener un buen concreto es necesario, que en su primera edad se encuentre en un entorno que reúna adecuadas condiciones de temperatura, humedad y que agreguen la hidratación del cemento.

El curado consiste en mantener el contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién vaciado, de manera que puedan desarrollar las propiedades deseables.

La resistencia y durabilidad del concreto se desarrollara en todo su potencial solo si se cura adecuadamente.

Al ser desmoldadas las probetas, se llevaran a la poza para su curado que contenía una solución saturada de agua de cal a una temperatura de  $23^{\circ} \pm 2^{\circ}$ . La saturación se pudo obtener incorporando tentativamente 2gr e cal hidratada por litro de agua, el agua utilizada

fue potable y limpia, no debiendo las probetas en ningún momento estar expuestas al goteo o a la acción del agua en movimiento.

### **V.3.6. ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

La calidad del concreto se establece generalmente por referencia a su resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

La resistencia depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento la cual se expresa en términos de la relación a/c en peso.

La resistencia se ve influenciada por el tipo de curado inicial, el tamaño de la probeta, la velocidad de descarga, la esbeltez de la probeta, el estado de humedad, el refrendado, etc.

La máquina de ensayo a utilizar es una prensa manual de uso corriente, la maquina está provista de dos bloques de acero de superficie endurecida, entre los cuales se comprimen las probetas sometidas a ensayo, el cabezal inferior sobre el que descansa la probetas sometidas a ensayo, el cabezal inferior sobre el que descansa la probeta es rígido y plano, el cabezal superior está provisto de un dispositivo a rotula que le permite rotar libremente e inclinarse pequeños ángulos en cualquier dirección.

El diámetro de la superficie plana de cada uno de los calzados es mayor que el diámetro de la probeta.

Las probetas se ensayan inmediatamente después de ser retirados de la poza de curado, el ensayo de compresión de probetas de concreto se realizaran con la probeta en estado húmedo.

Antes de realizar el ensayo a la compresión, primeramente los moldes fueron pesados y tomados sus diámetros a fin de poder obtener el área de contacto, luego se hizo el refrentado o "capping", el cual permite eliminar ciertas irregularidades que pudieran existir en las bases de las probetas y obtener el paralelismo de ambas bases el cual es un requisito fundamental para la realización de dicho ensayo.

Las probetas se colocan en forma centrada en la prensa de ensayo que se comprime a una velocidad de carga de (20-50 lb/pulg<sup>2</sup> /seg) aproximadamente, la cual se debe mantener constante durante la duración del ensayo, es decir hasta cuando se logre una franca rotura de la probeta y la máquina electrónica registre su máxima resistencia así este cargando la máquina.

## CAPITULO VI

### VI. RESULTADOS

#### VI.1. INTRODUCCION

El presente capitulo se detallan los resultados obtenidos de los materiales a usar en la elaboración del concreto, cálculo de diseño de mezcla del concreto y resultados de ensayo de compresión de los testigos de concreto

#### VI.2. MATERIALES Y MÉTODOS

##### VI.2.1. CEMENTO

El cemento portland utilizado en la presente tesis es de la marca Pacasmayo de los tipos I, Ms y V siendo estos los más comercializados en la ciudad de Trujillo y Huamachuco

##### VI.2.2. CANTERA

Los agregados utilizados fueron extraídos de la cantera cuyos datos informativos se presentan a continuación:

- **DENOMINACIÓN** : Cantera del Rio Bado
- **UBICACIÓN**
  - **Sector** : La Arena
  - **Distrito** : Sanagoran
  - **Provincia** : Sánchez Carrión
  - **Dpto.** : La Libertad
- **TIPO** : Aluvial

##### VI.2.3. AGUA

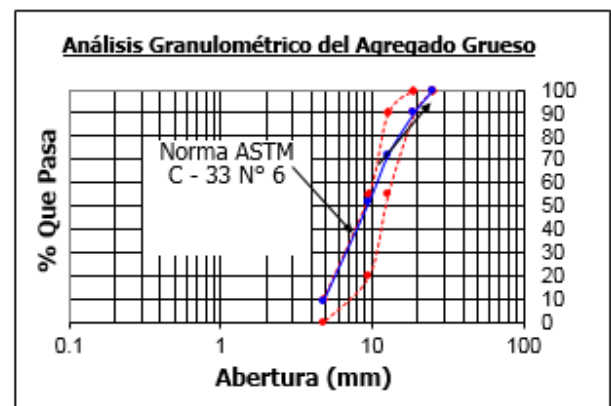
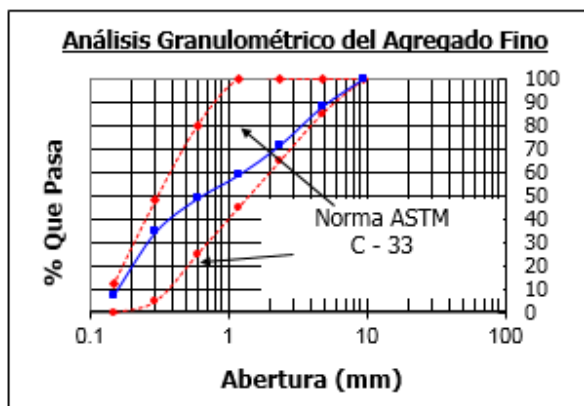
El agua usada para la presente dosificación y elaboración de testigos de concreto fue potable de la ciudad de Huamachuco la misma que cumple con todos los requisitos normativos vigentes.

##### VI.2.4. ADITIVO

En la presente tesis no se realizó el uso de aditivos para la elaboración del concreto ni para el curado de los testigos.

## VI.2.5. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

	Agregado Fino	Agregado Grueso
<b>Módulo de Finura:</b>	2.92	
<b>Tamaño Máximo Nominal:</b>		3/4"
<b>Peso Unitario Seco y Suelto:</b>	1758	1592
<b>Peso Unitario Seco y Compactado:</b>	1887	1652
<b>Peso Específico de los Sólidos:</b>	2.68	2.65
<b>Contenido Natural de Humedad (w%):</b>	2.69	0.65
<b>Porcentaje de Absorción (%):</b>	0.71	1.04



## VI.2.6. RESULTADOS DE DISEÑOS DE MEZCLA REALIZADOS

### VI.2.6.1. RELACIÓN AGUA / CEMENTO = 0.80

#### a. DATOS

$$\text{Relación Agua / cemento} = 0.80$$

#### b. RESULTADOS (ver detalle en ANEXO "A")

#### RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	2.75	3.53	1.15

#### DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua	
1	2.70	3.50	1.20	32.62 lts/m <sup>3</sup>

### VI.2.6.2. RELACIÓN AGUA / CEMENTO = 0.75

#### a. DATOS

$$\text{Relación Agua / cemento} = 0.75$$

#### b. RESULTADOS(ver detalle en ANEXO "A")

##### RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	2.53	3.31	1.08

##### DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua	
1	2.50	3.30	1.10	30.61 lts/m3

### VI.2.6.3. RELACIÓN AGUA / CEMENTO = 0.68

#### a. DATOS

$$\text{Relación Agua / cemento} = 0.68$$

#### b. RESULTADOS(ver detalle en ANEXO "A")

##### RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	2.23	3.00	0.98

##### DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua	
1	2.20	3.00	1.00	27.80 lts/m3

#### VI.2.6.4. RELACIÓN AGUA / CEMENTO = 0.58

##### a. DATOS

$$\text{Relación Agua / cemento} = 0.58$$

##### b. RESULTADOS

#### RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	1.79	2.56	0.84

#### DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua	
1	1.80	2.60	0.80	23.79 lts/m <sup>3</sup>

#### VI.2.7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES POR TIPO DE CEMENTO

En el presente acápite, se muestra los cuadros representativos del análisis de los resultados de la resistencia de los concretos a compresión según su relación de agua cemento con respecto a sus distintas edades (3, 7, 14, 28, 56 días).

Es necesario mencionar que se llevó diferentes diseños de mezcla de concreto para cada relación de agua cemento para cada uno de ellos (0.7, 0.62, 0.55, 0.48) y conservando un Slump constante para cada tipo de concreto (Slump – 3” – 4”).

Se empleo para el diseño de mezclas el método del ACI.

Empleado para la compresión el neopreno.

$$\sigma = F/A \quad (\text{Kg/cm}^2)$$



**VI.2.7.1. RESULTADO DE COMPRESION – CEMENTO PACASMAYO TIPO Ico**

**a. Relación (a/c) 0.8 – CEMENTO PACASMAYO TIPO Ico**

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.8	Diámetro ( cm )	Altura (cm)			
3	10500	15.10	30.0	58.63	60.34	38.7%
3	10400	15.00	29.9	58.85		
3	11680	15.30	30.0	63.53		
7	16230	15.00	29.9	91.84	93.41	59.9%
7	17100	15.20	30.0	94.24		
7	16640	15.00	30.0	94.16		
14	21970	15.00	30.1	124.32	125.80	80.7%
14	22400	15.00	30.0	126.76		
14	22620	15.10	29.9	126.31		
28	27970	15.10	30.0	156.19	155.97	100.0%
28	27750	15.10	30.0	154.96		
28	27700	15.00	30.0	156.75		
56	29800	15.20	30.0	164.22	166.55	106.8%
56	29970	15.10	29.8	167.36		
56	29700	15.00	30.0	168.07		

**b. Relación (a/c) 0.75 – CEMENTO PACASMAYO TIPO Ico**

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.75	Diámetro	Altura			
3	15360	15.00	30.0	86.92	89.20	46.9%
3	16150	15.10	29.8	90.18		
3	16420	15.20	30.0	90.49		
7	25080	15.00	29.8	141.92	141.64	74.5%
7	26020	15.30	30.0	141.53		
7	25000	15.00	30.0	141.47		
14	28850	15.20	30.1	158.99	158.03	83.1%
14	28900	15.20	29.8	159.27		
14	28650	15.30	30.3	155.83		
28	34550	15.30	30.0	187.92	190.22	100.0%
28	34500	15.10	30.0	192.65		
28	34950	15.30	30.0	190.10		
56	36190	15.00	30.0	204.79	206.51	108.6%
56	36220	15.00	29.8	204.96		
56	37070	15.00	30.0	209.77		

c. Relación (a/c) 0.68– CEMENTO PACASMAYO TIPO Ico

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.68	Diámetro	Altura			
3	20520	15.10	30.0	114.59	115.16	53.9%
3	20900	15.20	29.8	115.18		
3	20450	15.00	30.0	115.72		
7	26600	15.00	29.8	150.53	149.51	70.0%
7	26520	15.00	30.0	150.07		
7	27200	15.30	30.0	147.94		
14	32500	15.00	30.1	183.91	185.73	86.9%
14	33250	15.10	29.8	185.67		
14	33150	15.00	30.3	187.59		
28	39600	15.30	30.0	215.39	213.62	100.0%
28	39110	15.20	30.0	215.53		
28	38600	15.30	30.0	209.95		
56	39600	15.10	30.0	221.13	219.56	102.8%
56	39520	15.10	30.3	220.69		
56	39350	15.20	30.0	216.85		

d. Relación (a/c) 0.58– CEMENTO PACASMAYO TIPO Ico

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.58	Diámetro	Altura			
3	29480	15.10	30.0	164.62	166.86	55.8%
3	29890	15.20	29.8	164.72		
3	30260	15.00	30.0	171.24		
7	36330	15.30	29.8	197.60	200.09	66.9%
7	35980	15.00	30.0	203.61		
7	36600	15.30	30.0	199.07		
14	42060	15.30	30.1	228.77	234.49	78.4%
14	42660	15.00	29.8	241.41		
14	42890	15.30	30.3	233.28		
28	53780	15.10	30.0	300.31	299.20	100.0%
28	53060	15.00	30.0	300.26		
28	53190	15.10	30.0	297.02		
56	55100	15.00	30.0	311.80	308.94	103.3%
56	55000	15.00	30.2	311.24		
56	54400	15.10	30.1	303.78		

**VI.2.7.2. RESULTADO DE COMPRESION –CEMENTO PACASMAYO TIPO V**

**a. Relación (a/c) 0.80 –CEMENTO PACASMAYO TIPO V**

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.80	Diámetro	Altura			
3	17530	15.20	30.0	96.61	95.14	57.1%
3	15880	15.00	29.8	89.86		
3	18190	15.30	30.0	98.94		
7	22980	15.00	29.8	130.04	130.32	78.3%
7	22750	15.00	30.0	128.74		
7	23360	15.00	30.0	132.19		
14	25950	15.00	30.1	146.85	147.10	88.3%
14	26060	15.00	30.0	147.47		
14	26320	15.10	30.3	146.97		
28	29420	15.10	30.0	164.29	166.52	100.0%
28	29690	15.00	30.0	168.01		
28	29560	15.00	30.0	167.28		
56	30500	15.20	30.3	168.08	169.41	101.7%
56	30570	15.00	30.0	172.99		
56	30730	15.30	30.2	167.14		

**b. Relación (a/c) 0.75–CEMENTO PACASMAYO TIPO V**

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.75	Diámetro	Altura			
3	24400	15.10	30.0	136.25	136.43	64.3%
3	24020	15.00	29.8	135.93		
3	24230	15.00	30.0	137.11		
7	29100	15.00	29.8	164.67	163.79	77.2%
7	29310	15.20	30.0	161.52		
7	29190	15.00	30.0	165.18		
14	31880	15.00	30.1	180.40	183.23	86.3%
14	33490	15.10	29.8	187.01		
14	32640	15.10	30.3	182.27		
28	37620	15.00	30.0	212.89	212.29	100.0%
28	38180	15.00	30.0	216.05		
28	38230	15.30	30.0	207.94		
56	37730	15.30	30.0	205.22	216.38	101.9%
56	40240	15.20	29.8	221.76		
56	39260	15.00	30.0	222.17		

c. Relación (a/c) 0.68 –CEMENTO PACASMAYO TIPO V

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.68	Diámetro	Altura			
3	24090	15.00	30.0	136.32	136.33	60.1%
3	24640	15.30	29.8	134.02		
3	24830	15.10	30.0	138.65		
7	29700	15.10	29.8	165.85	166.38	73.4%
7	29470	15.00	30.0	166.77		
7	29430	15.00	30.0	166.54		
14	35720	15.00	30.1	202.13	199.94	88.2%
14	35650	15.10	29.8	199.07		
14	35100	15.00	30.3	198.63		
28	41200	15.00	30.0	233.14	226.68	100.0%
28	41010	15.20	30.0	226.00		
28	40610	15.30	30.0	220.88		
56	41520	15.00	30.0	234.96	232.02	102.4%
56	40720	15.10	30.3	227.39		
56	41300	15.00	30.0	233.71		

d. Relación (a/c) 0.58 –CEMENTO PACASMAYO TIPO V

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.58	Diámetro	Altura			
3	35690	15.30	30.0	194.12	192.86	61.1%
3	33600	15.00	29.8	190.14		
3	34340	15.00	30.0	194.32		
7	40210	15.10	29.8	224.54	223.59	70.8%
7	38850	15.00	30.0	219.85		
7	40540	15.10	30.0	226.38		
14	45130	15.00	30.1	255.38	259.10	82.1%
14	46650	15.00	29.8	263.98		
14	45580	15.00	30.3	257.93		
28	56230	15.10	30.0	314.00	315.72	100.0%
28	56080	15.00	30.0	317.35		
28	55810	15.00	30.0	315.82		
56	57850	15.00	30.0	327.36	326.69	103.5%
56	58100	15.10	30.3	324.44		
56	58010	15.00	30.0	328.27		

**VI.2.7.3. RESULTADO DE COMPRESION – PACASMAYO CEMENTO TIPO Ms**

**a. Relación (a/c) 0.80 – PACASMAYO CEMENTO TIPO Ms**

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.80	Diámetro	Altura			
3	16690	15.20	30.0	91.98	92.24	58.9%
3	16530	15.00	29.8	93.54		
3	16770	15.30	30.0	91.21		
7	21490	15.00	29.8	121.61	122.23	78.0%
7	21550	15.00	30.0	121.95		
7	21760	15.00	30.0	123.14		
14	23030	15.00	30.1	130.32	130.31	83.2%
14	22390	15.00	30.0	126.70		
14	24620	15.30	30.3	133.91		
28	28110	15.10	30.0	156.97	156.71	100.0%
28	28300	15.30	30.0	153.93		
28	28140	15.00	30.0	159.24		
56	29820	15.20	30.3	164.34	170.00	108.5%
56	30710	15.00	29.8	173.78		
56	31600	15.30	30.2	171.88		

**b. Relación (a/c) 0.75– PACASMAYO CEMENTO TIPO Ms**

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.75	Diámetro	Altura			
3	21610	15.10	30.0	120.67	122.82	62.4%
3	21750	15.00	29.8	123.08		
3	22040	15.00	30.0	124.72		
7	26670	15.00	29.8	150.92	149.44	75.9%
7	27040	15.20	30.0	149.01		
7	26220	15.00	30.0	148.37		
14	29640	15.00	30.1	167.73	165.75	84.2%
14	29240	15.10	29.8	163.28		
14	29770	15.10	30.3	166.24		
28	34610	15.00	30.0	195.85	196.76	100.0%
28	35360	15.00	30.0	200.10		
28	35730	15.30	30.0	194.34		
56	36500	15.30	30.0	198.53	203.28	103.3%
56	36900	15.20	29.8	203.35		
56	36750	15.00	30.0	207.96		

c. Relación (a/c) 0.68– PACASMAYO CEMENTO TIPO Ms

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.68	Diámetro	Altura			
3	23600	15.00	30.0	133.55	130.40	60.2%
3	23560	15.30	29.8	128.15		
3	23190	15.10	30.0	129.50		
7	28650	15.00	29.8	162.13	160.50	74.1%
7	28070	15.20	30.0	154.69		
7	29100	15.00	30.0	164.67		
14	34260	15.20	30.1	188.80	190.26	87.9%
14	34850	15.10	29.8	194.61		
14	34450	15.30	30.3	187.38		
28	39240	15.30	30.0	213.43	216.57	100.0%
28	39100	15.00	30.0	221.26		
28	39530	15.30	30.0	215.01		
56	41050	15.00	30.0	232.30	225.94	104.3%
56	40090	15.30	30.3	218.05		
56	40200	15.00	30.0	227.49		

d. Relación (a/c) 0.58– PACASMAYO CEMENTO TIPO Ms

Días Curado y Rotura	Relación (a/c)	Dimensiones		Esfuerzo Ultimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de Resistencia
	0.58	Diámetro	Altura			
3	30360	15.10	30.0	169.53	173.16	56.8%
3	30850	15.00	29.8	174.58		
3	30990	15.00	30.0	175.37		
7	37680	15.10	29.8	210.41	212.75	69.7%
7	37810	15.00	30.0	213.96		
7	38300	15.10	30.0	213.87		
14	44360	15.00	30.1	251.03	245.22	80.4%
14	44380	15.20	29.8	244.57		
14	43560	15.20	30.3	240.06		
28	54070	15.10	30.0	301.93	305.10	100.0%
28	54290	15.00	30.0	307.22		
28	54100	15.00	30.0	306.14		
56	56390	15.00	30.0	319.10	317.95	104.2%
56	55980	15.00	30.3	316.78		
56	56190	15.00	30.0	317.97		

## CAPITULO VII

### VII. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### VII.1. INTRODUCCION

En el presente capítulo se comparan y se analizan los resultados obtenidos a través de los diferentes ensayos realizados, buscando sus interacciones y variaciones, que expresados en cuadros y gráficos nos proporcionarían datos suficientes para formular las conclusiones y recomendaciones.

Como se indicó anteriormente para este estudio se emplearon distintos tipos de cemento, como el Tipo Ico, MS, V y agregados provenientes de la cantera del río Bado de la ciudad de Huamachuco, utilizando diferentes relaciones de agua cemento para cada tipo de cemento (0.8, 0.75, 0.68 y 0.58).

Además recalcar el tipo de diseño de mezcla que se empleó es por el método del ACI.

La experiencia y la observación durante todo el proceso de la investigación, permitirá visualizar mediante el análisis de los resultados, en qué medida aumenta o disminuya la resistencia a la compresión de los diferentes tipos de cementos empleados, para diferentes relaciones de agua cemento según la edad del concreto obtenido en días de ensayo, lo cual nos proporcionaría datos para poder obtener el objetivo que es la ecuación potencial deseada, con su margen de error porcentual.

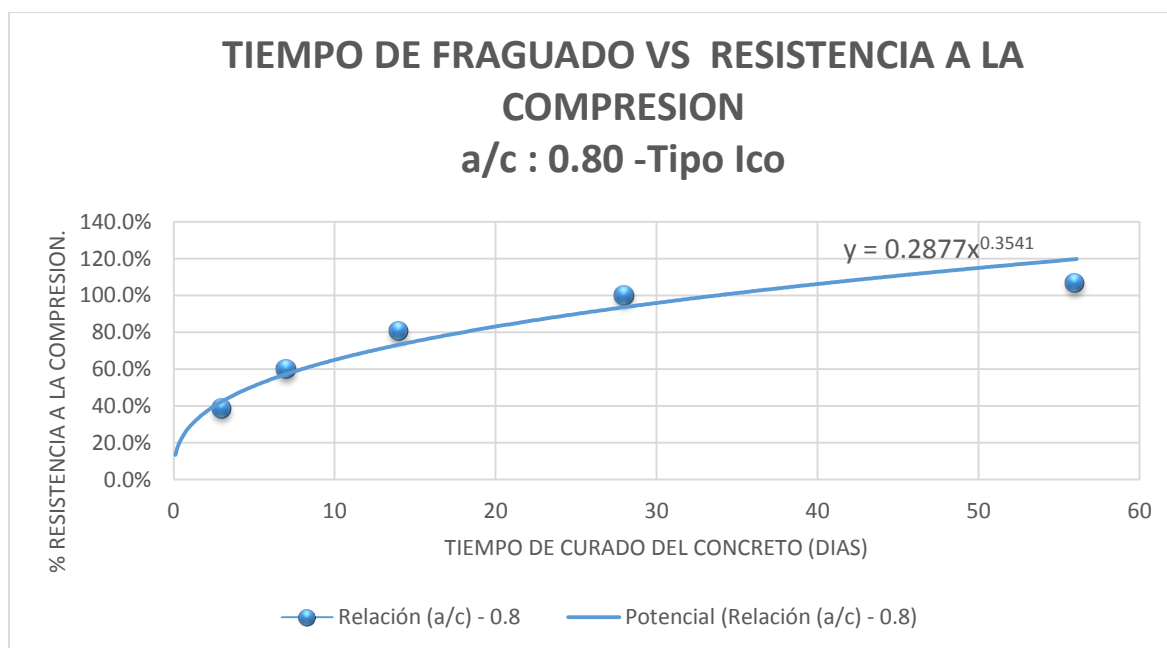
$$Y=AX^B \mp C$$

## VII.2. PROMEDIO DE PORCENTAJE DE RESISTENCIA SEGÚN SU RELACIÓN A/C PARA EL CEMENTO PACASMAYO TIPO ICO

### VII.2.1. TABLA RESUMEN CEMENTO PACASMAYO TIPO ICO

Días Curado y Rotura	Relación (a/c) - 0.80		Relación (a/c) - 0.75		Relación (a/c) - 0.68		Relación (a/c) - 0.58	
	Esfuerzo. Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.	Esfuerzo. Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.	Esfuerzo. Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.	Esfuerzo. Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.
3	60.34	38.70%	89.2	46.90%	115.16	53.90%	166.86	55.80%
7	93.41	59.90%	141.64	74.50%	149.51	70.00%	200.09	66.90%
14	125.8	80.70%	158.03	83.10%	185.73	86.90%	234.49	78.40%
28	155.97	100.00%	190.22	100.00%	213.62	100.00%	299.2	100.00%
56	166.55	106.80%	206.51	108.60%	219.56	102.80%	308.94	103.30%

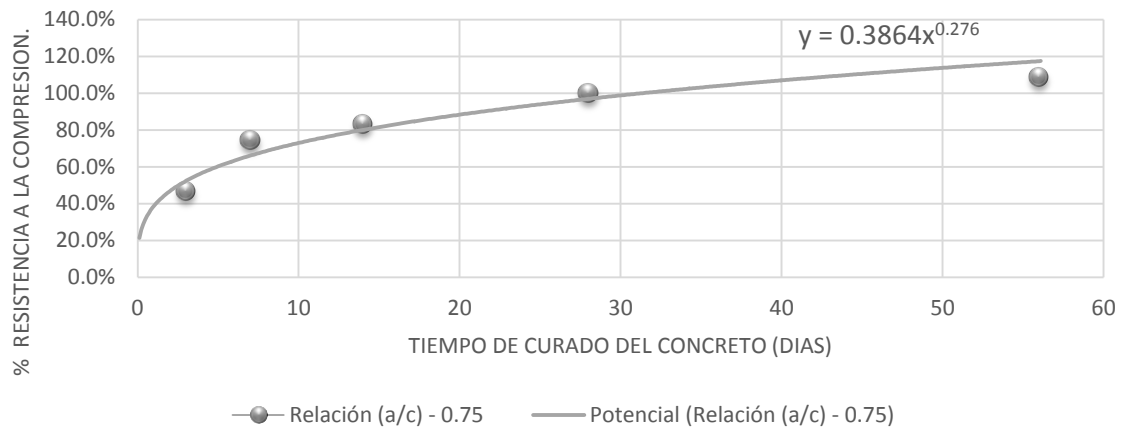
### VII.2.2. GRÁFICOS DE TIEMPO DE FRAGUADO VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CEMENTO PACASMAYO TIPO ICO



**ECUACION:  $R_{28} = R / (0.2877 T^{0.3541} \pm 0.031)$**

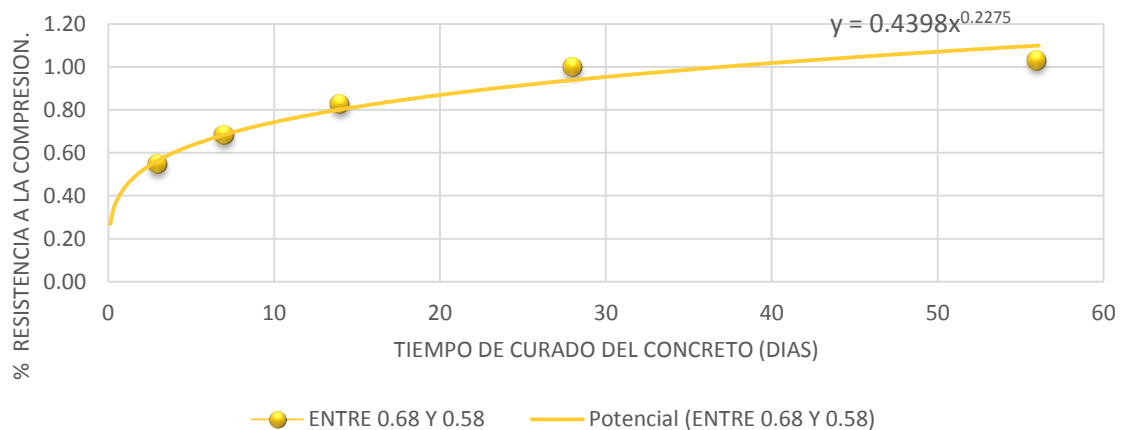


### TIEMPO DE FRAGUADO VS RESISTENCIA A LA COMPRESION a/c : 0.75 -Tipo Ico



ECUACION:  $R_{28} = R / (0.3864 T^{0.276} \pm 0.055)$

### TIEMPO DE FRAGUADO VS RESISTENCIA A LA COMPRESION a/c : entre 0.68 y 0.58 -Tipo Ico



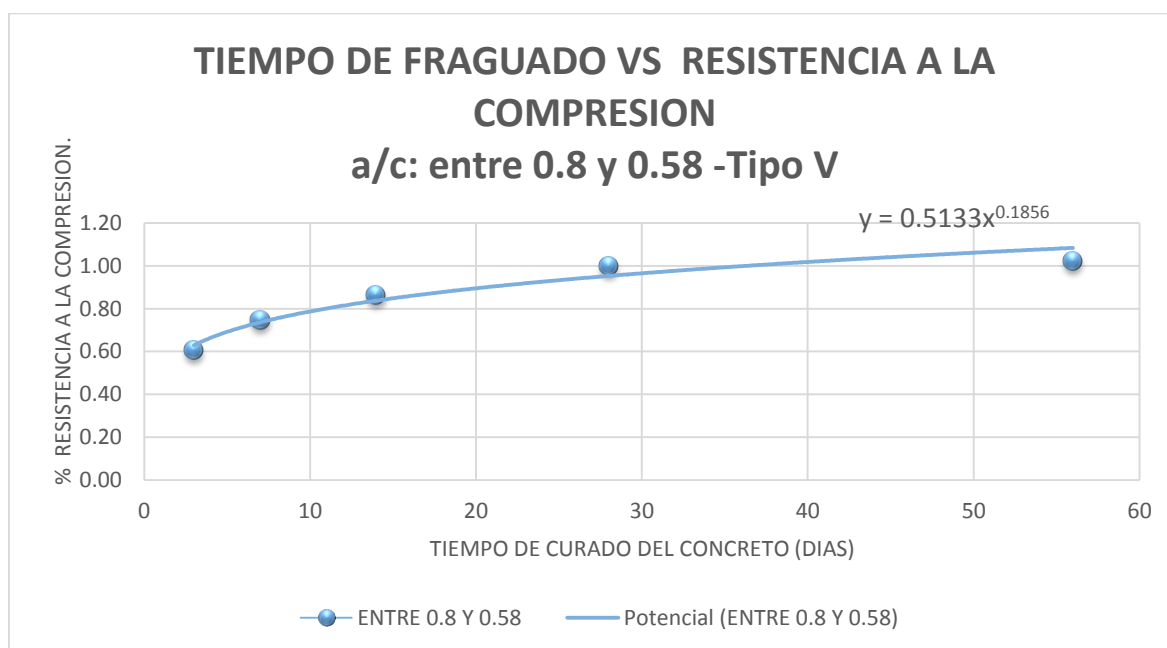
ECUACION:  $R_{28} = R / (0.4398 T^{0.2275} \pm 0.092)$

### VII.3. PROMEDIO DE PORCENTAJE DE RESISTENCIA SEGÚN SU RELACIÓN A/C PARA EL CEMENTO PACASMAYO TIPO V

#### VII.3.1. TABLA RESUMEN CEMENTO PACASMAYO TIPO V

Días Curado y Rotura	Relación (a/c) - 0.80		Relación (a/c) - 0.75		Relación (a/c) - 0.68		Relación (a/c) - 0.58	
	Esfuerzo. Promedio (kg/cm2)	% Resist.	Esfuerzo. Promedio (kg/cm2)	% Resist.	Esfuerzo. Promedio (kg/cm2)	% Resist.	Esfuerzo. Promedio (kg/cm2)	% Resist.
3	95.14	57.10%	136.43	64.30%	136.33	60.10%	192.86	61.10%
7	130.32	78.30%	163.79	77.20%	166.38	73.40%	223.59	70.80%
14	147.1	88.30%	183.23	86.30%	199.94	88.20%	259.1	82.10%
28	166.52	100.00%	212.29	100.00%	226.68	100.00%	315.72	100.00%
56	169.41	101.70%	216.38	101.90%	232.02	102.40%	326.69	103.50%

#### VII.3.2. GRÁFICOS DE TIEMPO DE FRAGUADO VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CEMENTO PACASMAYO TIPO V



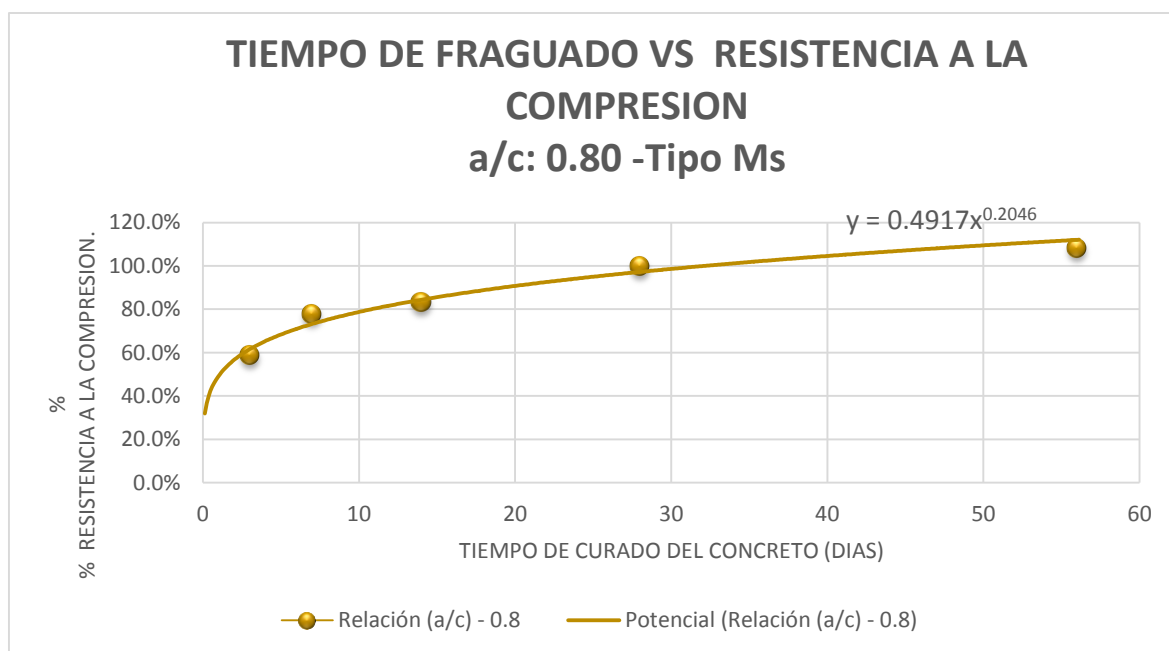
**ECUACION:  $R_{28} = R / (0.5133 T^{0.1856} \pm 0.122)$**

## VII.4. PROMEDIO DE PORCENTAJE DE RESISTENCIA SEGÚN SU RELACIÓN A/C PARA EL CEMENTO PACASMAYO TIPO MS

### VII.4.1. TABLA RESUMEN CEMENTO PACASMAYO TIPO MS

Días Curado y Rotura	Relación (a/c) - 0.80		Relación (a/c) - 0.75		Relación (a/c) - 0.68		Relación (a/c) - 0.58	
	Esfuerzo Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.	Esfuerzo Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.	Esfuerzo Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.	Esfuerzo Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resist.
3	92.24	58.90%	122.82	62.40%	130.4	60.20%	173.16	56.80%
7	122.23	78.00%	149.44	75.90%	160.5	74.10%	212.75	69.70%
14	130.31	83.20%	165.75	84.20%	190.26	87.90%	245.22	80.40%
28	156.71	100.00%	196.76	100.00%	216.57	100.00%	305.1	100.00%
56	170	108.50%	203.28	103.30%	225.94	104.30%	317.95	104.20%

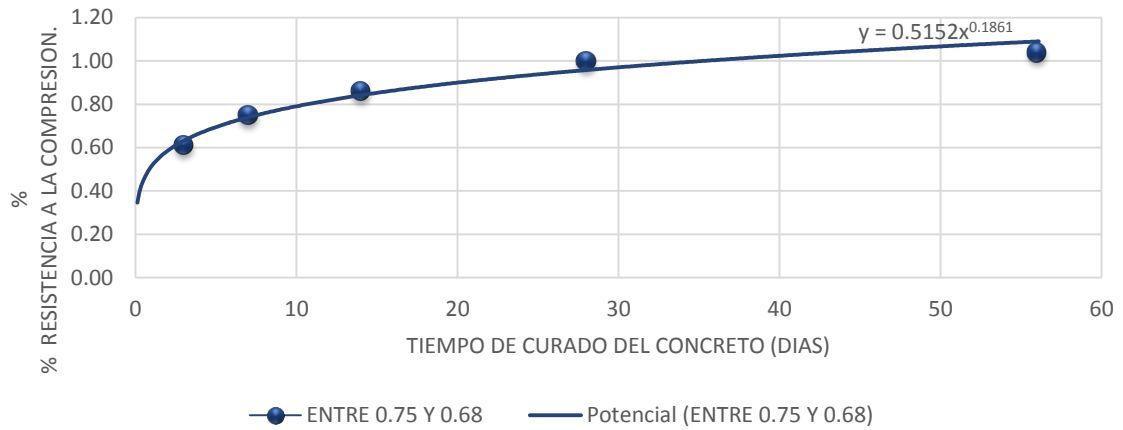
### VII.4.2. GRÁFICOS DE TIEMPO DE FRAGUADO VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CEMENTO PACASMAYO TIPO MS



$$\text{ECUACION: } R_{28} = R / (0.4917 T^{0.2046} \pm 0.124)$$

### TIEMPO DE FRAGUADO VS RESISTENCIA A LA COMPRESION

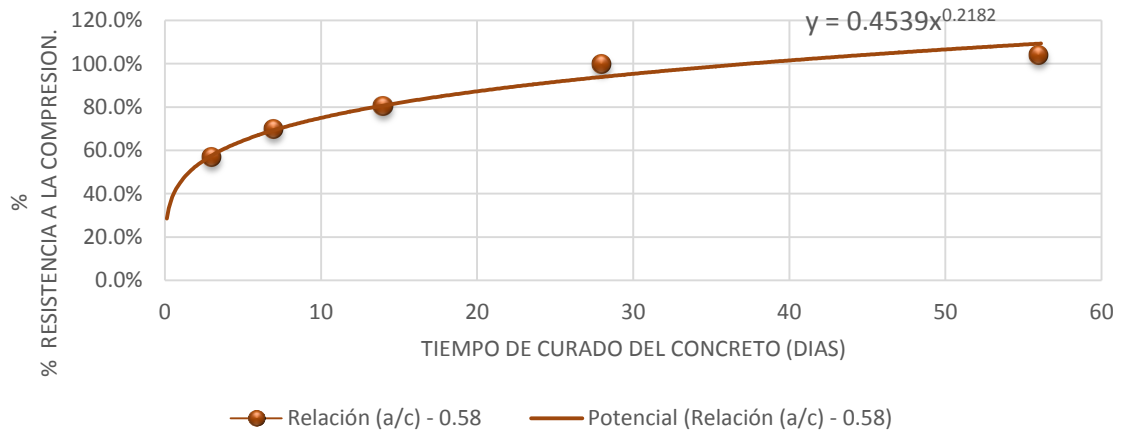
a/c: entre 0.75 y 0.68 -Tipo Ms



ECUACION:  $R_{28} = R / (0.5152 T^{0.1861} \pm 0.042)$

### TIEMPO DE FRAGUADO VS RESISTENCIA A LA COMPRESION

a/c: 0.58 -Tipo Ms



ECUACION:  $R_{28} = R / (0.4539 T^{0.2182} \pm 0.051)$

## CAPITULO VIII

### VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### VIII.1. CONCLUSIONES

##### VIII.1.1. ECUACIONES POR TIPO DE CEMENTO

Para los concretos elaborados y curados en laboratorio, la resistencia a compresión a los 28 días, sobre la base de resistencias a edades aproximadas está dada por las siguientes formulas:

**a. Para el cemento portland tipo Ico:**

- Para resistencias aproximadas hasta 150 kg/cm<sup>2</sup> :

$$R_{28} = \frac{R}{0.2877 T^{0.341} \pm 0.031}$$

- Para resistencias aproximadas entre 150 a 210 kg/cm<sup>2</sup> :

$$R_{28} = \frac{R}{0.3864 T^{0.276} \pm 0.055}$$

- Para resistencias mayores entre 210 a 280 kg/cm<sup>2</sup> :

$$R_{28} = \frac{R}{0.4398 T^{0.2275} \pm 0.092}$$

**b. Para el cemento portland tipo V:**

- Para resistencias aproximadas entre 150 a 280 kg/cm<sup>2</sup> :

$$R_{28} = \frac{R}{0.5133 T^{0.1856} \pm 0.122}$$

**c. Para el cemento portland tipo MS:**

- Para resistencias aproximadas hasta 150 kg/cm<sup>2</sup> :

$$R_{28} = \frac{R}{0.4917 T^{0.2046} \pm 0.124}$$

- Para resistencias aproximadas entre 150 a 210 kg/cm<sup>2</sup> :

$$R_{28} = \frac{R}{0.5152 T^{0.1861} \pm 0.042}$$

- Para resistencias mayores entre 210 a 280 kg/cm<sup>2</sup> :

$$R_{28} = \frac{R}{0.4539 T^{0.2182} \pm 0.051}$$

**DONDE:**

**R:** Resistencia obtenida a los T días de edad

**T:** Edad en días del concreto

**R28:** Resistencia obtenida a los 28 días de edad

**VIII.1.2. RESISTENCIAS OBTENIDAS**

Las resistencias máximas obtenidas a los 28 días, es posible usarlas como resistencias promedios requeridas para dosificaciones de mezclas:

a/c	Fcr (kg/cm <sup>2</sup> )			
	ACI	Ico	V	MS
<b>0.80</b>	150	156	167	157
<b>0.75</b>	175	190	212	197
<b>0.68</b>	210	214	227	217
<b>0.58</b>	280	299	316	305

## VIII.2. RECOMENDACIONES:

- Continuar el trabajo de investigación para aumentar el número de probetas que permita tener el trabajo de análisis estadístico más confiable.
- Continuar el trabajo de investigación para aumentar el número de canteras que permita tener el trabajo de análisis comparativo.
- Emplear con otros tipos de cemento del mercado y de usos frecuentes en construcción, para así poder obtener mejores resultados a las formulas encontradas.
- Desarrollar con una mayor variedad de relación agua cemento.

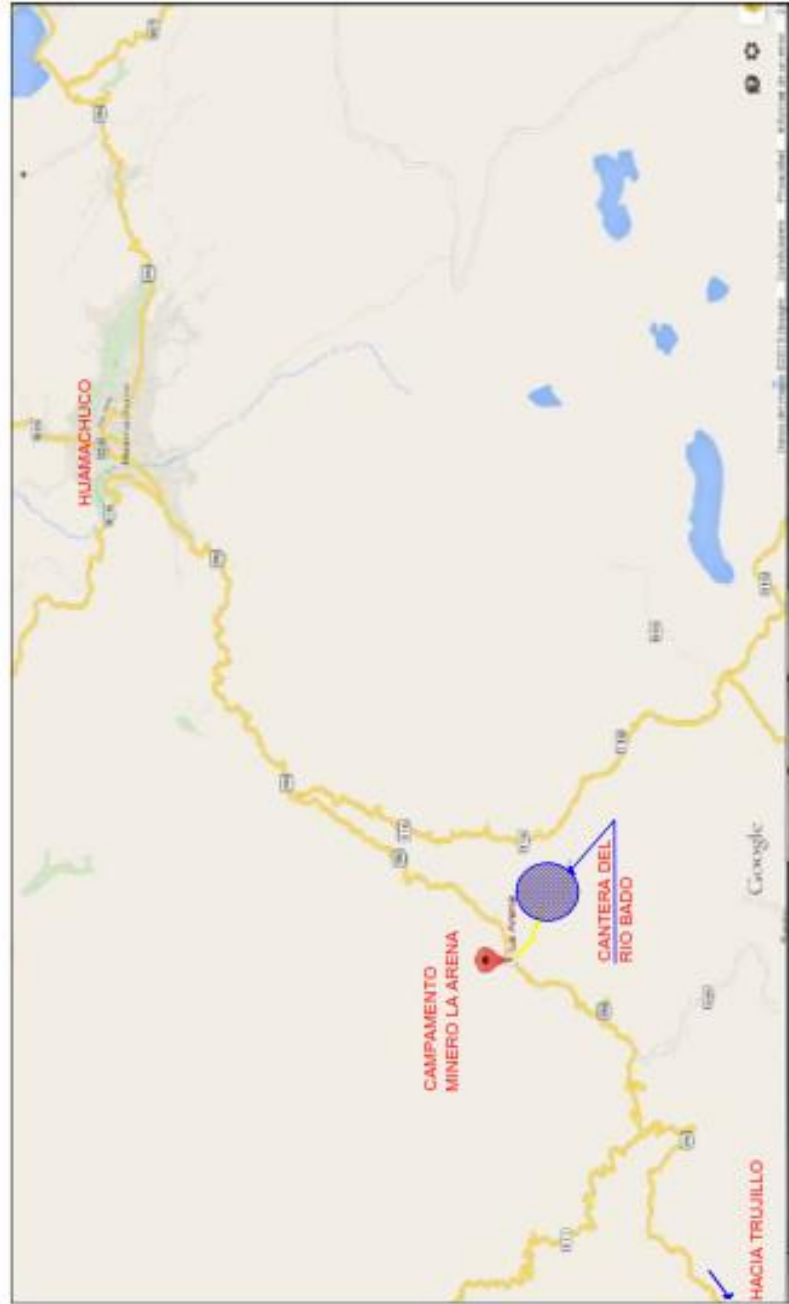
## BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, Flavio. *Tecnología del Concreto*. Editorial San Marcos. Lima – Perú.
- American Concrete Institute – Capitulo Peruano. *Tecnología del Concreto*. 1998.
- ASOCCEM. *Boletines Técnicos*. Lima – Perú.
- Neville, A.M. y Brooks, J.J. *Tecnología del Concreto*. Editorial Trillas. México D.F. 1998.
- Pasquel Carbajal, Enrique. *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional. 1998.
- Código ACI 318.
  - ACI 318-2002, “Building Code Requirements for Reinforced Concrete”, ACI, EE.UU, 2002
- Normas ASTM
  - ASTM C31-2003, “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimen in the Field”. ASTM, EE.UU., 2003.
- Normas Técnicas Peruanas
  - Contenido natural de humedad NTP. 339.185
  - Análisis granulométrico NTP. 400.012
  - Peso unitario NTP. 400.017
  - Peso específico y absorción NTP. 400.021, 400.022
  - Compresión testigos cilíndricos de concreto NTP. 339.034
- Naturaleza y Materiales del Concreto, Ing. Enrique Rivva Lopez
- Diseño de Mezclas, Ing. Enrique Rivva Lopez
- Manual de supervisión de obras de concreto, Federico Gonzales



# Anexo “A”

PLANO DE UBICACION DE LA CANTERA DEL RIO BADO (LA ARENA - SANAGORAN - SANCHEZ CARRION)



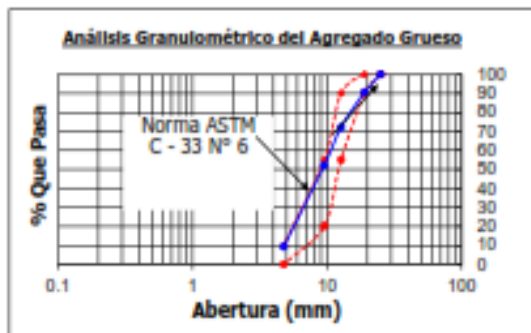
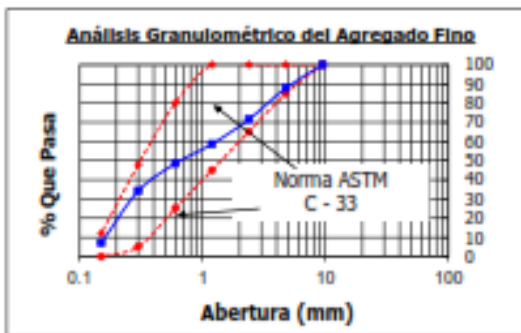
# Anexo “B”

## Resumen de las características de los Agregados

### Características de Agregados

Cantera: RIO BADO - HUAMACHUCO (LA ARENA - SANAGORAN - SANCHEZ CARRION)

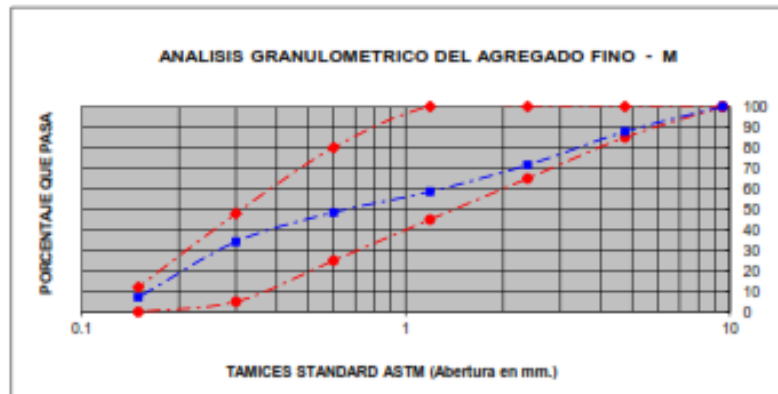
	Agregado Fino	Agregado Grueso
Módulo de Finura:	2.92	
Tamaño Máximo Nominal:		3/4"
Peso Unitario Seco y Suelto:	1758	1592
Peso Unitario Seco y Compactado:	1887	1652
Peso Especifico de los Sólidos:	2.68	2.65
Contenido Natural de Humedad (w%):	2.69	0.65
Porcentaje de Absorción (%):	0.71	1.04



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

	MALLA (mm)	%QUE PASA		PESEO RETENIDO	%PESEO RETENIDO	%PESEO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
	3/8"	9.50	100	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.75	85	61.00	12.20	12.20	87.80
	8	2.38	65	81.30	16.26	28.46	71.54
	16	1.19	45	64.60	12.92	41.38	58.62
	30	0.60	25	50.80	10.16	51.54	48.46
	50	0.30	5	71.40	14.28	65.82	34.18
	100	0.15	0	135.40	27.08	92.90	7.10
		RECIPIENTE		35.50	7.10	100.00	
				500.00			

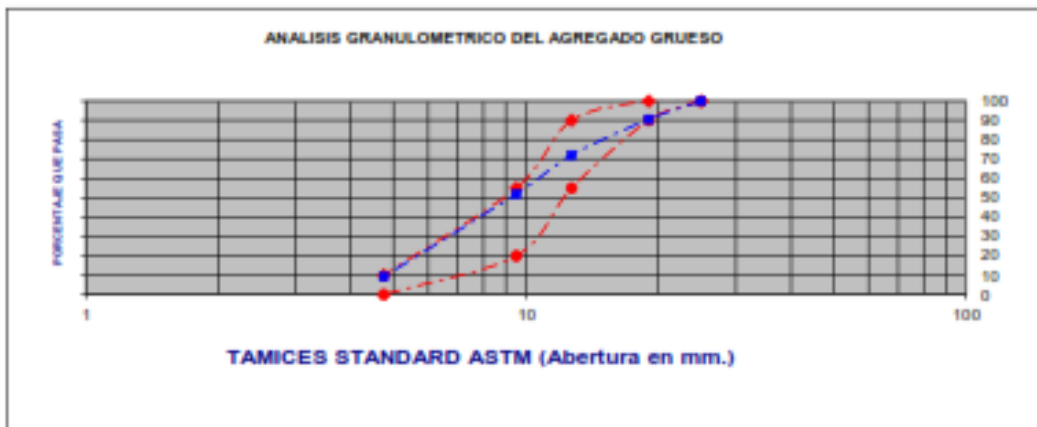
Modulo De Fineza = **2.92**



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

MALLA	Abertura (mm)	% QUE PASA		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
1	25.00	100	100	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	90	100	1040.30	9.46	9.46	90.54
1/2"	12.70	55	90	2027.40	18.43	27.89	72.11
3/8"	9.50	20	55	2217.00	20.15	48.04	51.96
4	4.75	0	10	4700.30	42.73	90.77	9.23
RECIPIENTE				1015.00			
				11000.00		11000.00	

TMN  
3/4"



**Peso Unitario Agregado Grueso**

	Suelto						Compactado							
	0892.10	0891.40	0891.40	23083.30	23034.90	0891.30	0892.10	0891.40	0891.40	23007.00	23007.00	0891.30	0891.40	0891.30
Peso medía														
Peso medía + masante	23007.40	23134.40	23083.30				23728.70	23607.00	23637.80					
Peso medía + agua	17050.00	17050.00	17050.00				17050.00	17050.00	17050.00					
Peso masante	16115.30	16243.00	16191.90				16836.60	16715.60	16746.40					
Volumen medía	10.16	10.16	10.16				10.16	10.16	10.16					
Peso Unitario	1586.48	1598.94	1593.91				1657.49	1645.46	1648.49					
Peso Unitario (Promedio)	1592.12						1651.76							

**Peso Unitario Agregado Fino**

	Suelto						Compactado							
	5015.10	5015.30	5015.30	10102.40	10064.00	5015.20	5015.10	5015.30	5015.30	10413.10	10404.00	5015.10	5015.30	5015.20
Peso medía														
Peso medía + masante	10069.00	10068.10	10102.40				10451.90	10413.10	10404.00					
Peso medía + agua	7894.00	7894.00	7894.00				7894.00	7894.00	7894.00					
Peso masante	5053.90	5052.80	5087.10				5436.80	5397.80	5449.30					
Volumen medía	2.88	2.88	2.88				2.88	2.88	2.88					
Peso Unitario	1755.50	1755.24	1767.15				1888.50	1875.08	1892.97					
Peso Unitario (Promedio)	1757.92						1886.81							

Resumen

Suelto kg/m<sup>3</sup>

Compactado kg/m<sup>3</sup>

A. Fino	A. Grueso
1757.92	1592.12
1886.81	1651.76

## CONTENIDO DE HUMEDAD

		Arena		Grava	
				<b>1"</b>	
Peso Recipiente :		393.20	393.1	625.90	625.3
Peso Recipiente + Muestra Humeda :		927.00	841.6	5951.20	5594
Peso Recipiente + Muestra Secca :		915.70	827.6	5917.00	5561.4
Peso Agua :		11.30	14.00	34.20	32.60
Peso Secca :		522.50	434.50	5291.10	4936.10
<b>W%:</b>		<b>2.16</b>	<b>3.22</b>	<b>0.65</b>	<b>0.66</b>
		<b>2.69</b>		<b>0.65</b>	

## PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS

Peso específico Agregado Grueso					
		3/4 *			
Peso Recipiente 1 :		950.90	951.90	951.90	gramos
Peso Rec1 + Muestra Sat Sup Secca :		4001.30	4002.30	4002.50	gramos
Peso Muestra Sat Sup Secca :		3050.40	3050.40	3050.60	gramos
Peso Muestra Sumergida :		1915.00	1912.00	1910.00	gramos
Peso Recipiente 2 :		399.60	399.70	399.70	gramos
Peso Rec + Muestra Secca :		3418.30	3419.50	3418.00	gramos
Peso Muestra Secca :		3018.70	3019.80	3018.30	gramos
<b>Gs =</b>		<b>2.66</b>	<b>2.65</b>	<b>2.65</b>	
<b>Gs prom:</b>		<b>2.65</b>			

Peso Especifico Agregado Fino					
Peso Inicial Muestra =		500.70	500.60	500.40	gramos
Peso Pila =		171.70	160.70	182.00	gramos
Peso Pila + Agua =		669.10	657.30	679.00	gramos
Peso Pila + Muestra =		672.40	661.30	682.40	gramos
Peso Pila + Muestra + Agua =		983.00	971.10	993.10	gramos
<b>Gs =</b>		<b>2.68</b>	<b>2.68</b>	<b>2.69</b>	
<b>Gs prom:</b>		<b>2.68</b>			

## % ABSORCION

% Absorción Agregado Grueso				
Peso Recipiente 1 :		950.90	951.90	951.90
Peso Rec + Muestra Sat Sup Secca :		4001.30	4002.30	4002.50
Peso Muestra Sat Sup Secca :		3050.40	3050.40	3050.60
Peso Recipiente 2 :		399.60	399.70	399.70
Peso Rec + Muestra Secca :		3418.30	3419.50	3418.00
Peso Muestra Secca :		3018.70	3019.80	3018.30
<b>% Absorción =</b>		<b>1.05</b>	<b>1.01</b>	<b>1.07</b>
<b>% Absorción =</b>		<b>1.04</b>		

% Absorción Agregado Fino				
Peso Recipiente 1 :		171.70	160.70	182.00
Peso Rec + Muestra Sat Sup Secca :		672.40	661.30	682.40
Peso Muestra Sat Sup Secca :		500.70	500.60	500.40
Peso Recipiente 2 :		423.30	394.30	80.00
Peso Rec + Muestra Secca :		920.30	892.80	575.60
Peso Muestra Secca :		497.00	498.50	495.60
<b>% Absorción =</b>		<b>0.74</b>	<b>0.42</b>	<b>0.97</b>
<b>% Absorción =</b>		<b>0.71</b>		

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO

Slump 3 a 4"

### **Información:**

RELACION AGUA / CEMENTO                      a/c =                      0.80

### **Agregados:**

#### **Agregado Grueso**

Peso Volumétrico Seco y Compactado:                      1651.76 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Volumétrico Seco y Suelto:                      1592.12 kg/m<sup>3</sup>  
Tamaño Máximo del Agregado:                      3/4" pulgada  
Porcentaje de Absorción (%):                      1.04 %  
Contenido Natural de Humedad (%):                      0.65 %  
Gravedad Específica de Sólidos:                      2.65

#### **Agregado Fino**

Peso Volumétrico Seco y Compactado:                      1886.81 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Volumétrico Seco y Suelto:                      1757.92 kg/m<sup>3</sup>  
Modulo de Finura:                      2.92  
Porcentaje de Absorción (%):                      0.71 %  
Contenido Natural de Humedad (%):                      2.16 %  
Gravedad Específica de Sólidos:                      2.66

#### **Cemento**

Portland Tipo Ico:                      ASTM  
Peso Volumétrico:                      1500.00 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Especifico                      3150.00

### **Diseño:**

**1. Asentamiento Máximo:**                      3 pulgadas

**2. Tamaño Máximo del Agregado:**                      3/4"

**3. Estimación del Agua de Mezclado:**

A =                      216 kg/m<sup>3</sup>

**4. Relación Agua / Cemento (a/c):**                      0.800

**5. Contenido de Cemento**

C =                      270.00 kg/m<sup>3</sup>                      \*                      **6.35 bolsas**

**6. Contenido de Agregado Grueso:**

Tamaño Maximo: 3/4"

Modulo de Fineza: 2.92

Vag: 0.608

Peso Agregado Grueso Compactado: 1004.27                      kg/m<sup>3</sup>

**7. Contenido de Agregado Fino:**

<b>Volumenes Absolutos</b>	
agua	0.216
cemento	0.086
aire	
grava	0.379
	<b>0.680</b>
arena	851.36

Peso del Agregado Fino                      851.36 Kgr

### **Pesos Humedos**



agua	216.00
cemento	270.00
arena	851.36
grava	1004.27
	<hr/>
	2341.62

### 8. Rectificación por Humedad:

Agregado Grueso:	1004.27	⇒	1010.83
Agregado Fino:	851.36		869.77

Agua Neta :			
Agregado Grueso:	1010.83	⇒	-3.95
Agregado Fino:	869.77		12.62
	207.33 lts		

### DOSIFICACION EN PESO

Cemento:	270.00 kg
Agregado Grueso:	1010.83 kg
Agregado Fino:	869.77 kg
Agua de Mezclado:	207.33 kg

### DOSIFICACION EN VOLUMEN RESULTANTE

Cemento:	0.180 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso:	0.635 m <sup>3</sup>
Agregado Fino:	0.495 m <sup>3</sup>
Agua de Mezclado:	0.207 m <sup>3</sup>

### RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	2.75	3.53	1.15

### DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua
1	2.70	3.50	1.20

32.62 lts/m<sup>3</sup>

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO

**Slump 3 a 4"**

### Información:

RELACION AGUA / CEMENTO                      a/c =                      0.75

### Agregados:

#### Agregado Grueso

Peso Volumétrico Seco y Compactado:	1651.76 kg/m <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Seco y Suelto:	1592.12 kg/m <sup>3</sup>
Tamaño Máximo del Agregado:	3/4" pulgada
Porcentaje de Absorción (%):	1.04 %
Contenido Natural de Humedad (%):	0.65 %
Gravedad Específica de Sólidos:	2.65

#### Agregado Fino

Peso Volumétrico Seco y Compactado:	1886.81 kg/m <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Seco y Suelto:	1757.92 kg/m <sup>3</sup>
Modulo de Finura:	2.92
Porcentaje de Absorción (%):	0.71 %
Contenido Natural de Humedad (%):	2.16 %
Gravedad Específica de Sólidos:	2.66

#### Cemento

Portland Tipo Ico:	ASTM
Peso Volumétrico:	1500.00 kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	3150.00

#### Diseño:

**1. Asentamiento Máximo:**                      3 pulgadas

**2. Tamaño Máximo del Agregado:**                      3/4"

**3. Estimación del Agua de Mezclado:**

A =                      216 kg/m<sup>3</sup>

**4. Relación Agua / Cemento (a/c):**                      0.750

**5. Contenido de Cemento**

C=                      288.00 kg/m<sup>3</sup>                      =                      **6.78 bolsas**

**6. Contenido de Agregado Grueso:**

Tamaño Maximo: 3/4"

Modulo de Fineza: 2.92

Vag: 0.608

Peso Agregado Grueso Compactado: 1004.27                      kg/m<sup>3</sup>

### 7. Contenido de Agregado Fino:

Volumenes Absolutos	
agua	0.216
cemento	0.091
aire	
grava	0.379
	0.686
arena	836.14

Peso del Agregado Fino

836.14 Kgr

### Pesos Humedos

agua	216.00
cemento	288.00
arena	836.14
grava	1004.27
	2344.41

### 8. Rectificación por Humedad:

Agregado Grueso:	1004.27	➔	1010.83
Agregado Fino:	836.14		854.22

Agua Neta :			
Agregado Grueso:	1010.83	➔	-3.95
Agregado Fino:	854.22		12.40
	207.56 lts		

### DOSIFICACION EN PESO

Cemento:	288.00 kg
Agregado Grueso:	1010.83 kg
Agregado Fino:	854.22 kg
Agua de Mezclado:	207.56 kg

### DOSIFICACION EN VOLUMEN RESULTANTE

Cemento:	0.192 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso:	0.635 m <sup>3</sup>
Agregado Fino:	0.486 m <sup>3</sup>
Agua de Mezclado:	0.208 m <sup>3</sup>

### RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	2.53	3.31	1.08

### DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua
1	2.50	3.30	1.10

30.61 lts/m<sup>3</sup>

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO

**Slump 3 a 4"**

### Información:

RELACION AGUA / CEMENTO                      a/c =                      0.68

### Agregados:

#### Agregado Grueso

Peso Volumétrico Seco y Compactado:                      1651.76 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Volumétrico Seco y Suelto:                      1592.12 kg/m<sup>3</sup>  
Tamaño Máximo del Agregado:                      3/4" pulgada  
Porcentaje de Absorción (%):                      1.04 %  
Contenido Natural de Humedad (%):                      0.65 %  
Gravedad Específica de Sólidos:                      2.65

#### Agregado Fino

Peso Volumétrico Seco y Compactado:                      1886.81 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Volumétrico Seco y Suelto:                      1757.92 kg/m<sup>3</sup>  
Modulo de Finura:                      2.92  
Porcentaje de Absorción (%):                      0.71 %  
Contenido Natural de Humedad (%):                      2.16 %  
Gravedad Específica de Sólidos:                      2.66

#### Cemento

Portland Tipo Ico:                      ASTM  
Peso Volumétrico:                      1500.00 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Específico                      3150.00

### Diseño:

**1. Asentamiento Máximo:**                      3 pulgadas

**2. Tamaño Máximo del Agregado:**                      3/4"

**3. Estimación del Agua de Mezclado:**

A =                      216 kg/m<sup>3</sup>

**4. Relación Agua / Cemento (a/c):**                      0.680

**5. Contenido de Cemento**

C=                      317.65 kg/m<sup>3</sup>                      "                      **7.47 bolsas**

**6. Contenido de Agregado Grueso:**

Tamaño Maximo: 3/4"

Modulo de Fineza: 2.92

Vag: 0.608

Peso Agregado Grueso Compactado: 1004.27                      kg/m<sup>3</sup>

**7. Contenido de Agregado Fino:**

<b>Volumenes Absolutos</b>	
agua	0.216
cemento	0.101
aire	
grava	0.379
	0.695
arena	811.07

Peso del Agregado Fino

811.07 Kgr

**Pesos Humedos**

agua	216.00
cemento	317.65
arena	811.07
grava	1004.27
	2348.99

**8. Rectificación por Humedad:**

Agregado Grueso:	1004.27	⇒	1010.83
Agregado Fino:	811.07		828.61

Agua Neta :			
Agregado Grueso:	1010.83	⇒	-3.95
Agregado Fino:	828.61		12.03
	207.93 lts		

**DOSIFICACION EN PESO**

Cemento:	317.65 kg
Agregado Grueso:	1010.83 kg
Agregado Fino:	828.61 kg
Agua de Mezclado:	207.93 kg

**DOSIFICACION EN VOLUMEN RESULTANTE**

Cemento:	0.212 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso:	0.635 m <sup>3</sup>
Agregado Fino:	0.471 m <sup>3</sup>
Agua de Mezclado:	0.208 m <sup>3</sup>

**RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION**

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	2.23	3.00	0.98

**DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN**

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua
1	2.20	3.00	1.00

27.80 lts/m<sup>3</sup>

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO

**Slump 3 a 4"**

### Información:

RELACION AGUA / CEMENTO                  a/c =                  0.58

### Agregados:

#### Agregado Grueso

Peso Volumétrico Seco y Compactado:                  1651.76 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Volumétrico Seco y Suelto:                  1592.12 kg/m<sup>3</sup>  
Tamaño Máximo del Agregado:                  3/4" pulgada  
Porcentaje de Absorción (%) :                  1.04 %  
Contenido Natural de Humedad (%):                  0.65 %  
Gravedad Específica de Sólidos:                  2.65

#### Agregado Fino

Peso Volumétrico Seco y Compactado:                  1886.81 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Volumétrico Seco y Suelto:                  1757.92 kg/m<sup>3</sup>  
Modulo de Finura:                  2.92  
Porcentaje de Absorción (%) :                  0.71 %  
Contenido Natural de Humedad (%):                  2.16 %  
Gravedad Específica de Sólidos:                  2.66

#### Cemento

Portland Tipo Ico:                  ASTM  
Peso Volumétrico:                  1500.00 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Específico                  3150.00

### Diseño:

1. **Asentamiento Máximo:**                  3 pulgadas

2. **Tamaño Máximo del Agregado:**                  3/4"

3. **Estimación del Agua de Mezclado:**

$$A = 216 \text{ kg/m}^3$$

4. **Relación Agua / Cemento (a/c):**                  0.580

5. **Contenido de Cemento**

$$C = 372.41 \text{ kg/m}^3 \quad \text{= 8.76 bolsas}$$

6. **Contenido de Agregado Grueso:**

Tamaño Maximo: 3/4"

Modulo de Fineza: 2.92

Vag: 0.608

Peso Agregado Grueso Compactado: 1004.27      kg/m<sup>3</sup>

7. **Contenido de Agregado Fino:**

Volumenes Absolutos	
agua	0.216
cemento	0.118
aire	
grava	0.379
	0.713
arena	764.77

Peso del Agregado Fino

764.77 Kgr

**Pesos Húmedos**

agua	216.00
cemento	372.41
arena	764.77
grava	1004.27
	2357.45

**8. Rectificación por Humedad:**

Agregado Grueso:	1004.27	⇒	1010.83
Agregado Fino:	764.77		781.31

Agua Neta :			
Agregado Grueso:	1010.83	⇒	-3.95
Agregado Fino:	781.31		11.34
	208.61 lts		

**DOSIFICACION EN PESO**

Cemento:	372.41 kg
Agregado Grueso:	1010.83 kg
Agregado Fino:	781.31 kg
Agua de Mezclado:	208.61 kg

**DOSIFICACION EN VOLUMEN RESULTANTE**

Cemento:	0.248 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso:	0.635 m <sup>3</sup>
Agregado Fino:	0.444 m <sup>3</sup>
Agua de Mezclado:	0.209 m <sup>3</sup>

**RELACION DE MATERIALES EN DOSIFICACION**

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	1.79	2.56	0.84

**DOSIFICACION RECOMENDADA EN VOLUMEN**

Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Agua
1	1.80	2.60	0.80

23.79 lts/m<sup>3</sup>